

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
INSINÖÖRITIEIDEIDEN JA ARKKITEHTUURIN TIEDEKUNTA
RAKENNUS- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Fredrik Winqvist

**ÄMMÄSSUON KAASTOPAIKAN LAAJENNUSALUEEN
HUOLTOTUNNELI JA SEN GEOTEKNINEN MITOITUS**

Pohjarakennuksen ja maamekaniikan syventymiskohteen
diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 30.5.2008

Valvoja: Professori Pauli Vepsäläinen

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Juha Forsman

Tekijä: Winqvist, Fredrik Bo Juhani

Diplomityö: Ämmässuon kaatopaikan laajennusalueen huoltotunneli ja sen geotekninen mitoitus

Päivämäärä: 30.5.2008

Sivumäärä: 119 + 7

Professuuri: Pohjarakennus- ja maamekaniikka

Koodi: Rak-50

Valvoja: Professori Pauli Vepsäläinen

Ohjaaja: DI Juha Forsman

Avainsanat: huoltotunneli, ämmässuo, kaatopaikka, suotovesien keräys

Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan jätteenkäsittelykeskuksessa Ämmässuolla vastaanotetaan pääkaupunkiseudun yhteensä yli miljoonan asukkaan ja 50 000 yrityksen jätteet. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus on pohjoismaiden suurin yhdyskuntajätteen kaatopaikka. Jätteenkäsittelykeskuksen vanha jätetäyttöalue oli suljettava viranomaispäätösten (VNp 861/97 ja 1049/99) määräyksiin perustuen viimeistään 1.11.2007. Vanhan täyttöalueen länsipuolelle sijoittuvan laajennusalueen suunnittelu on aloitettu vuonna 1990 ja sen ensimmäinen täyttöalue vihittiin käyttöön 30.10.2007.

Laajennusalueelle tuleva jätetäyttö eristetään ympäristöstään tiivisterakenteiden avulla. Tiivisterakenteeseen kuuluu kaatopaikan pohjan kuivatuskerros, joka koostuu vettä hyvin läpäisevästä materiaalista ja suotoveden keräilyputkista. Tehokkaan kuivatuksen varmistamiseksi on Ämmässuolla päädytty ratkaisuun, jossa pohjarakenteet salaojineen kallistetaan alueen keskiosaan päin viettäväksi. Keskiosaan on rakennettu täytön alle jäävä teräsbetoninen huoltotunneli, jossa sijaitsevaan kokoojaputkistoon salaojat yhdistetään. Kokoojaputkien avulla salaojavedet johdetaan täyttöalueen eteläpuolelle, josta ne edelleen siirretään käsittelyyn.

Koska suomessa ei ole aikaisempia kokemuksia vastaavan huoltotunnelirakenteen suunnittelusta ja toteutuksesta, suunnittelun lähtöaineiston keräämiseksi selvitettiin olemassa olevat huoltotunnelikohteet maailmanlaajuisesti. Kaikki 13 todettua huoltotunnelikohdetta sijaitsevat Euroopassa, joista pääosa Saksassa.

Ämmässuon huoltotunnelin poikkileikkauksen dimensioid määritettiin huonetila- ja rakennemitoituksen avulla. Muotoa valittaessa huomioitiin myös käytössä oleva muottitekniikka. Rakennemitoituksen lähtökohdaksi tehtiin maapainelaskelmia, joilla selvitettiin huoltotunnelin rakenteisiin kohdistuva maanpaine jätteen tilavuuspainon vaihdellessa välillä 12...15 kN/m³. Käytetty jätetäyttösyvyys perustuu ympäristöluvan asettamiin reunaehtoihin. Jätetäyttösyvyytenä laskelmissa käytettiin 70 metriä. Huoltotunnelin suunnittelussa käytetty mitoitusikä oli 200 vuotta.

Maanpainelaskentojen lisäksi tarkasteltiin siirtymäarakenteiden tarvetta painumaerojen aiheuttaessa lisärasituksia suoto- ja tarkkailusalaojiin sekä geomembraaniin huoltotunnelin seinälinjalla.

Ämmässuon huoltotunnelin 1. rakennusvaiheen työt käynnistyivät kesäkuussa 2006 ja valmistuivat lokakuussa 2007. Huoltotunnelin ensimmäisen vaiheen pituus on 450 metriä.

Author:	Winqvist, Fredrik Bo Juhani		
Thesis:	The maintenance tunnel of Ämmässuo landfill, geotechnical design		
Date:	30.5.2008	Number of pages:	119 + 7
Professorship:	Soil Mechanics and Foundation Engineering	Code:	Rak-50
Supervisor:	Professor Pauli Vepsäläinen		
Instructor:	M.Sc. (Civ.Eng.) Juha Forsman		
Key Words:	maintenance tunnel, ämmässuo, landfill, leachate collection		
<p>Helsinki Metropolitan Area Council (YTV) / Waste Management is responsible for developing and managing municipal solid waste services in the Helsinki metropolitan area, representing a total population of one million people and 50 000 enterprises. Most of the waste is disposed in the waste treatment centre of Ämmässuo. Ämmässuo waste treatment centre is the largest waste treatment facility in the Nordic countries. The old landfill area at Ämmässuo was to be closed 1.11.2007 due to government authority (VNp 861/97 ja 1049/99). The planning of the new extension next to the old filling area started in 1990 and the first filling phase was taken into use on 30.10.2007.</p> <p>The new filling area will be isolated from the surroundings with sealinglayers. A drainage layer is included in the bottom sealing structure. The leachate collection pipes are installed in the drainage layer on top of the primary sealing. For sufficient drainage the inclination of the leachate and control drains is towards a maintenance tunnel built on the bottom of the extension area. The leachate and control drains penetrate the tunnel wall and connect to the collection pipes inside the tunnel. The collection pipes as well as the tunnel have an inclination towards the leachate basin and further to a waste water treatment plant. The maintenance tunnel at Ämmässuo landfill is the first designed in Finland.</p> <p>To start the planning international experiences on landfill maintenance tunnels were investigated. Most of the maintenance tunnels built were found in Germany. No landfill tunnels were found outside Europe. Altogether 13 landfill tunnels were found.</p> <p>The dimension of the cross-section of the Ämmässuo maintenance tunnel were determined by the space needed inside. The tunnel was designed as a reinforced concrete structure. Also the mold technology available was considered when selecting the shape of the cross-section. For structural design the earth pressure was calculated with the unit weight of the waste 12...15 kN/m³. The burial depth was set to 70 metres based on the environmental permission. The designing was based on a life cycle of 200 years.</p> <p>In addition to the earth pressure calculations the need for translation structures was studied. The difference in settlements could cause extra stress on leachate and control drains and also to the geomembrane.</p> <p>The building of the first phase with a length of approximately 450 metres was started in june 2006 and finished in october 2007.</p>			

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Teknillisen korkeakoulun maa- ja pohjarakennustekniikan laboratoriolle professori Pauli Vepsäläisen valvonnassa. Diplomityön ovat rahoittaneet YTV jätehuolto ja Ramboll Finland Oy, joita kiitän mielenkiintoisesta aiheesta sekä taloudellisesta tuesta. Työn ohjaajana on toiminut DI Juha Forsman Ramboll Finland Oy:stä. YTV jätehuollon osalta työtä ovat kommentoineet DI Mauri Uusihakala ja DI Risto Pammo. Työn yhteydessä tehtyjen raporttien laatimiseen ja kommentoitiin ovat lisäksi osallistuneet DI Varho Laine-Juva (eläkkeellä 2007 -) ja DI Jukka Rinkinen Ramboll Finland Oy:stä.

Kiitokset sekä Mauri Uusihakalalle että Risto Pammolle ennakkoluulottomasta suhtautumisesta, haastavasta aiheesta ja matkaseurasta 12.-17.9.2005. Olen iloinen niistä muistoista ja kokemuksista, joita minulle jäi työskentelystä teidän kanssanne, huoltotunneleista ympäri Eurooppaa ja erityisesti saksan kielen tulkkina toimimisesta.

Kiitos Juha Forsmanille ajasta ja kärsivällisyydestä sekä kannustuksesta työn loppuun saattamiseksi. Kiitos opeista ja neuvoista sekä pizzoista, joita tähänkin työhön liittyen on hiljenevässä toimistossa syöty. Toivon, että tulevaisuus tuo tullessaan lisää mielenkiintoisia projekteja ja uusia haasteita yhteiselle työpöydälle. Haluan kiittää myös muuta Rambollin henkilökuntaa tuesta ja kannustuksesta.

Opiskelutovereitani haluan kiittää hauskaista ja ikimuistoisesta teekkariajasta. Suurimmat kiitokset kuuluvat kuitenkin äidille, isälle, Markukselle ja Camillalle, joita ilman tämä työ ei todennäköisesti olisi koskaan nähnyt päivänvaloa. Kiitokset korvaamattomasta kannustuksesta ja tuesta, ja toisaalta leppoisista hetkistä, joita on voitu viettää yhdessä unohtaen välillä kaikenkarvaiset maalliset murheet. Parasta aikaa on kuitenkin elämä teidän kanssanne.

Helsingissä, toukokuussa 2008

Fredrik Winqvist

SISÄLLYSLUETTELO

DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT.....	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO.....	5
MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET	8
1 JOHDANTO	10
2 VIRANOMAISVAATIMUKSET KAASTOPAIKOILLE.....	11
2.1 Lait ja asetukset.....	11
2.2 Vesien hallinta ja käsittely	11
2.3 Pohjarakenteita koskevat viranomaismääräykset.....	12
2.4 Pintarakenteita koskevat viranomaismääräykset.....	13
3 KAASTOPAIKAN KUIVATUS.....	14
3.1 Suotovesi	14
3.2 Kuivatusperiaatteet.....	14
3.3 Suotovesiputkien ja kokoojalinjojen sijoittelu ja huolto.....	16
4 TOTEUTETTUJA HUOLTOTUNNELEITA.....	18
4.1 Toteutettujen huoltotunnelien kartoitus	18
4.1.1 Kirjallisuustutkimus	18
4.1.2 Internet-haku	18
4.1.3 Sähköpostikyselyt	19
4.1.4 Kohdevierailut.....	21
4.1.5 Toteutetut huoltotunnelit maailmanlaajuisesti	21
4.2 Alankomaat	23
4.2.1 Yleistä	23
4.2.2 Landgraaf, Alankomaat.....	24
4.2.3 Schinnen, Alankomaat	28
4.2.4 Spinder, Alankomaat.....	30
4.3 Saksa	32
4.3.1 Yleistä	32
4.3.2 AHSK, Saksa	34
4.3.3 Aurach, Saksa.....	34
4.3.4 Deponie Aussernzell, Saksa	36
4.3.5 Zentraldeponie Cröbern, Saksa	38

4.3.6	Zentraldeponie Eiterköpfe, Saksa	41
4.3.7	Deponie Fernthal, Saksa.....	45
4.3.8	Deponie Kahlenberg, Saksa	46
4.3.9	Entsorgungszentrum Schöneiche, Saksa.....	47
4.3.10	Deponie Wirmsthal, Saksa	50
4.4	Itävalta, Siggerwiesen	52
4.4.1	Deponie Siggerwiesen, Itävalta.....	52
4.4.2	Muut Itävallan kohteet	54
4.5	Muu Eurooppa ja yhteenveto kohteista.....	56
5	ÄMMÄSSUON JÄTTEENKÄSITTELYKESKUS.....	58
5.1	Keskuksen esittely.....	58
5.2	Laajennusalueen pohjarakenne	60
	Alusrakenne	61
	Pohjarakenteet, alaosa.....	61
	Pohjarakenteet, yläosa.....	61
5.3	Sekajätteen suotovesi ja keräilyputkisto	61
5.4	Laajennusalueen täyttöperiaatteet, aikataulu ja vaiheet	64
5.5	Lähtökohdat huoltotunnelin rakentamiselle	67
5.5.1	Yleistä	67
5.5.2	Alueelliset olosuhteet	68
5.5.3	Täyttötilavuuden maksimointi	68
5.5.4	Jätetäytön prosessin seuraaminen ja ohjaaminen	69
5.5.5	Järjestelmän huollettavuus ja seurattavuus	70
5.5.6	Turvallisuus.....	70
5.5.7	Varautuminen tulevaisuuteen.....	71
6	ÄMMÄSSUON HUOLTOTUNNELIN TILAT JA VARUSTELU.....	72
6.1	Viranomaisasiat.....	72
6.2	Poikkileikkauksen tilamitoitus	72
6.3	Suotovesien kokoojaputkisto	73
6.4	Putkien huolto	73
6.5	Huoltotunnelin muu varustelu.....	75
7	ÄMMÄSSUON HUOLTOTUNNELIN RAKENNEMITOITUS	76
7.1	Yleistä	76
7.2	Parametrit	78
7.3	Maanpainenlaskelmat.....	79
7.3.1	Maanpainenlaskelmat, yleissuunnitelma	79
7.3.2	Maanpainenlaskelmat, rakennussuunnitelma.....	81

7.4	Toispuoleinen täyttö.....	87
7.5	Siirtymärakenteiden mitoitus	88
7.6	Vedenpaine.....	91
8	TERÄSBETONIRAKENTEET	92
9	HUOLTOTUNNELIN RAKENTAMINEN	93
9.1	Huoltotunnelin vaiheet	93
9.2	Huoltotunnelin ensimmäinen vaihe.....	94
9.2.1	Urakkamuoto ja organisaatio (rakentaminen ja suunnittelu)	94
9.2.2	Aikataulu	95
9.2.3	Valokuvat	95
10	HUOLTOTUNNELIN KUSTANNUKSET.....	110
11	YHTEENVETO.....	112
	LÄHDE- JA KIRJALLISUUSLUETTELO	114
	LIITTEET	119

MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

Termi	Määritelmä
bentoniitti	Bentoniitti on luonnossa esiintyvä savi, joka sisältää 70...90 % montmorillonitiittisavimineraalia. Bentoniittia on kahta eri laatua, kalsium- ja natriumbentoniittia. Bentoniitin käyttö tiivistysrakenteissa perustuu sen kykyyn paisua moninkertaiseksi kastuessaan. (SYKE, 2002)
bentoniittimatto	Bentoniittimatto on geokomposiitti eli yhdistelmä rakenne, jossa on kahden kuitukankaan välissä kerros bentoniittisavea. Bentoniitin määrä ilmoitetaan yleensä kiloina pinta-alaa kohden, tavallinen määrä on 3...6 kg/m ² . Matoissa käytetään yleensä natriumbentoniittia tai natriumbentoniitiksi aktivoitua kalsiumbentoniittia. (SYKE, 2002)
geokalvo	kts. geomembraani
geomembraani	Geomembraaneilla tarkoitetaan maahan tai veteen asennettavia ohuita, taipuisia tiivistyskalvoja, jotka on yleensä valmistettu polymeereistä tai bitumista. Geomembraanien ensisijainen toiminta on nesteiden tai kaasujen eristäminen. (SYKE, 2002)
HDPE	High density polyethylene, korkeatiheksinen polyeteeni (SYKE, 2002)
huoltotunneli	Kaatopaikan jätetäytön alapuolelle rakennettu tunneli, joka on toteutettu ennen jätetäytön sijoittamista ja erotettu tiivisterakentein varsinaisesta jätteestä. Huoltotunneliin on tyypillisesti liitetty kaatopaikan pohjalla tiivisterakenteen päällä kulkevat suotovesiputket sekä tiivisterakenteen alapuolella kulkevat tarkkailusalaojaputket. Rakenne voi sisältää myös erillisen kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmän. Huoltotunnelinimitystä käytetään, jos rakenne toteuttaa edellä mainituista kohdista yhden tai useamman sekä huoltohenkilöstön on mahdollista kulkea rakenteen sisällä ilman erillistä suojarustusta.
kaasunkeräyskerros	Kaasunkeräyskerroksen tehtävänä on koota kohteessa muodostuva kaasu tehokkaasti ja johtaa se käsiteltäväksi. (SYKE, 2002)
keinotekoinen eriste	Keinotekoisena eristeenä voidaan käyttää geomembraania kalvoja tai tiivistä asfalttia. (SYKE, 2002)
komposiittirakenne	Maarakenteissa käytettävä yhdistelmä rakenne. (SYKE, 2002)
kuivatuskerros	kts. salaojakerros
mineraalinen tiivistyskerros	Mineraaliaineksesta rakennettu tiivistyskerros. (SYKE, 2002)
pintaeristys	Pintaeristyksen tärkein tehtävä on estää sade- ja pintavaluntavesien pääsy saastuneeseen kohteeseen sekä siitä seuraava likaantuneen suotoveden muodostuminen. Samalla voidaan vähentää haitallisten kaasujen ja pölyn leviämistä ympäristöön ja estää eläinten tunkeutuminen saastuneeseen materiaaliin. (SYKE, 2002)

pohjaeristys	Pohjaeristyksellä saastunut kohde erotetaan alapuolella olevasta maaperästä. Tavoitteena on estää kohteessa muodostuvan suotoveden kulkeutuminen alapuolisiin maakerroksiin ja lopulta pohjaveteen. Pohjaeristyksellä voidaan myös estää veden tunkeutuminen kohteeseen alapuolelta. (SYKE, 2002)
pohjaveden suojausrakenne	Luonnonmateriaalista tai synteettisestä tuotteesta rakennettu maarakenne, jonka tehtävänä on estää haitta-aineiden pääsy maaperään ja kulkeutuminen pohjaveteen. Toiminta voi perustua pieneen kaasun- tai nesteenläpäisevyyteen, aineen pidättämiskykyyn tai vesien virtaussuunnan muuttamiseen. (SYKE, 2002)
salaojakerros	Salaojakerroksen tehtävänä on koota tehokkaasti kohteessa muodostuva suotovesi ja tasoittaa tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa hydraulista painetta. Suotovesi kootaan salaojakerroksesta ja johdetaan käsiteltäväksi. (SYKE, 2002)
suodatinkangas	Geotekstiili, jonka tehtävänä on toimia erottajana ja suodattimena. (SYKE, 2002)
suodatinkerros	Suodatinkerroksen tehtävänä on erottaa eri materiaaleista tehtyjä rakennekerroksia toisistaan siten, että vesi ja kaasut pääsevät virtaamaan vapaasti, mutta materiaalit eivät sekoitu toisiinsa. Suodatinkerros voidaan rakentaa sopivan raekoon omaavasta mineraaliaineksesta tai geotekstiilistä. (SYKE, 2002)
suoja geotekstiili	Paksu geotekstiili, tavallisesti huopamainen kangas, jonka tehtävänä on suojata esim. geomembraania. (SYKE, 2002)
suoja kerros	Suoja kerroksen tehtävänä on suojata geomembraania mm. teräviltä esineiltä, esim. maarakeilta tai työkoneilta, hapettumiselta, UV-säteilyltä, lämpötilan vaihteluilta, tuulen vaikutukselta, onnettomuustilanteilta, vandalismilta sekä tasoittaa mahdollisen epätasaisen kuormituksen vaikutuksia. (SYKE, 2002)
suotovesi	Maamassan tai jätetäytön läpi suotautunutta vettä kutsutaan suotovedeksi. (SYKE, 2002)
synteettinen tiivistyskalvo	Polymeeristä valmistettu geomembraani, jonka vedenläpäisevyys on erittäin pieni. (SYKE, 2002)
tekninen tunneli	kts. huoltotunneli
tiivistysrakenne	Tiivistysrakenne on pohjavedensuojausrakenne, jonka suojausvaikutus perustuu alhaiseen vedenläpäisevyyteen. (SYKE, 2002)

1 JOHDANTO

Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan jätteenkäsittelykeskuksessa Ämmässuolla vastaanotetaan pääkaupunkiseudun yhteensä yli miljoonan asukkaan ja 50 000 yrityksen jätteet. Nykyisin Ämmässuon kaatopaikka on pohjoismaiden suurin yhdyskuntajätteen kaatopaikka. (YTV, 2008).

Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen vanha jätetäyttöalue oli suljettava viranomaispäätösten (VNp 1049/99) määräyksiin perustuen viimeistään 1.11.2007. Vanhan täyttöalueen länsipuolelle sijoittuvan laajennusalueen suunnittelu on aloitettu vuonna 1990 ja rakentaminen vuonna 1992 laajennusalueen louhintatöillä. Laajennusalueen varsinaisten kaatopaikkarakenteiden rakentaminen on aloitettu vuonna 2004 pohjan muotoilulla louhitulle pohjalle louheella ja murskeella.

Laajennusalueelle tuleva jätetäyttö eristetään ympäristöstään tiivisterakenteiden avulla. Tiivisterakenteet muodostavat jätteen ympärille eräänlaisen ”ammeen”, jolla estetään haitallisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön. Tiivisterakenteiden oleellinen osa on kuivatuskerros, joka koostuu vettä hyvin läpäisevästä materiaalista ja suotoveden keräilyputkista. Kuivatuskerroksen avulla jätetäytön pohjalle kertyvä suotovesi johdetaan käsittelyyn. Suotoveden mahdollinen kertyminen kaatopaikan pohjalle aiheuttaisi vettäläpäisemättömiä kerroksia vasten hydrostaattisen paineen. Hydrostaattisen paineen syntyminen lisäisi vuodon riskiä tiivisterakenteiden läpi.

Tehokkaan kuivatuksen varmistamiseksi on Ämmässuolla päädytty ratkaisuun, jossa pohjarakenteet salaojineen kallistetaan alueen keskiosaan päin viettäviksi. Keskiosaan rakennetaan täytön alle jäävä teräsbetoninen huoltotunneli, jossa sijaitsevaan kokoojaputkistoon salaojat yhdistetään. Kokoojaputkien avulla salaojavedet johdetaan täyttöalueen eteläpuolelle, josta ne edelleen siirretään käsittelyyn.

Suomessa ei ole aikaisempia kokemuksia vastaavan huoltotunnelirakenteen suunnittelusta ja toteutuksesta. Vastaavia rakenteita on kuitenkin rakennettu osina kaatopaikkojen kuivatusjärjestelmiä osissa Keski-Eurooppaa ainakin 80-luvulta alkaen ja joitakin on parhaillaan rakenteilla. Tämän opinnäytetyön yhtenä osana on ollut kerätä kansainvälistä tietoa huoltotunneleista Ämmässuon huoltotunnelin suunnittelun taustatiedoiksi, joiden perusteella yksityiskohtaisempi suunnittelu ja rakentaminen on voitu toteuttaa.

2 VIRANOMAISVAATIMUKSET KAASTOPAIKOILLE

2.1 LAIT JA ASETUKSET

Syksyllä 1997 annettiin Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (VNp) 861/97 ja sen muutos (1049/99) tuli voimaan vuoden 2002 alusta. Päätökset perustuivat senhetkiseen luonnokseen Euroopan Unionin kaatopaikkadirektiivistä (SYKE, 2002). Valtioneuvoston päätöksen (VNp) 1049/99 1 §:n mukaan: ”Päätöksen tavoitteena on pintaveden, pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä ilmaston muutoksen ja muiden siihen rinnastettavien laaja-alaisen haitallisten ympäristövaikutusten torjumiseksi ohjata kaatopaikkojen suunnittelua, perustamista, rakentamista, käyttöä, hoitoa, käytöstä poistamista ja jälkihoitoa sekä jätteiden sijoittamista niille siten, ettei niistä pitkän ajan kuluessa aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.”

Edellä mainittujen Valtioneuvoston päätösten lisäksi on kaatopaikoista ja jätteiden sijoittamisesta voimassa, mitä jätelaissa (1072/1993) ja –asetuksessa (1390/1993) säädetään.

2.2 VESIEN HALLINTA JA KÄSITTELY

Valtioneuvoston päätöksen (VNp) 861/97 mukaan kaatopaikka-alueen puhtaat pintavedet ja ulkopuoliset valumavedet on pidettävä erillään jätteestä ja kaatopaikkavesistä. Myös kaatopaikalle sijoitetun jätteen joutuminen kosketuksiin pohjaveden kanssa on estettävä.

Kaatopaikkaa on hoidettava siten, että sen ulkopuolelle johdettavien kaatopaikkavesien määrä on mahdollisimman vähäinen ja niistä aiheutuva kuormitus mahdollisimman pieni. Kerätyt kaatopaikkavedet on puhdistettava tehokkaasti kaatopaikalla tai johdettava muualle puhdistettaviksi.

Kaatopaikkaveden määrää ja laatua on tarkkailtava erikseen jokaisessa kohdassa, jossa kaatopaikkavettä johdetaan kaatopaikan ulkopuolelle. Kaatopaikkaveden määrää ja sähkönsäätöä on seurattava viikoittaisin mittauksin ja lisäksi ylivirtaamakausiin aukioloaikavälillä tehtyjen mittauksin kaatopaikan käytön aikana. Jälkihoitovaiheen aikana kaatopaikkaveden määrää ja sähkönsäätöä on seurattava puolivuositavalla.

2.3 POHJARAKENTEITA KOSKEVAT VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET

Kaatopaikan maaperälle (kivennäismaa tai kallio) asetetaan Valtioneuvoston päätöksen (VNp) 861/97 mukaan seuraavat vaatimukset:

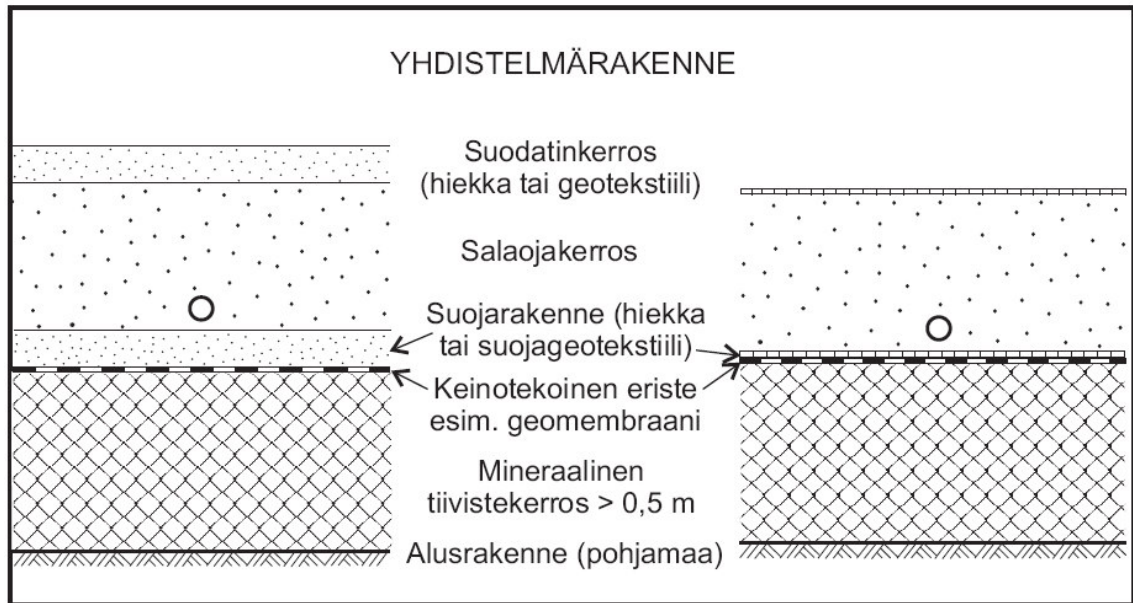
- kaatopaikan maaperän on oltava kantava ja
- kaatopaikan maaperän on täytettävä sellaiset veden kyllästämän maan vedenläpäisevyys- (k) ja paksuusvaatimukset, että niiden yhdistetty vaikutus vastaa vähintään seuraavia vaatimuksia:
 - ongelmajätteen kaatopaikalla $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, paksuus ≥ 5 m
 - tavanomaisen jätteen kaatopaikalla $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, paksuus ≥ 1 m
 - pysyvän jätteen kaatopaikalla $k \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s, paksuus ≥ 1 m.

Edellä esitettyjen vaatimusten täyttämiseksi vaaditaan pohjaeristyksessä yhdistelmä rakenne, joka on tavanomaisen jätteen kaatopaikalla alhaalta päin lukien (kuva 1):

- kantava perusta
- luonnonmaasta muodostuva tai rakennettu mineraalinen tiivistyskerros
- keinotekoinen eriste
- salaojakerros
- edellä esitettyjen rakennekerrosten toimivuuden varmistavia suoja- ja suodatinrakenteita

Maaperän luontaista tiiviyyttä on tarvittaessa parannettava vaatimukset täyttäväksi siten, että rakennetun tiivistyskerroksen paksuuden on oltava tavanomaisen ja pysyvän jätteen kaatopaikoilla vähintään 0,5 metriä ja ongelmajätteen kaatopaikoilla vähintään 1,0 metriä. Lisäksi tiivistyskerroksen päälle on asennettava kaatopaikan tiivistykseen tarkoitettu keinotekoinen eriste ja tämän päälle kuivatuskerros (salaojakerros), jonka paksuuden on oltava vähintään 0,5 metriä ja vedenläpäisevyys vähintään $k \leq 1,0 \times 10^{-3}$ m/s. (VNp 861/97)

Valtioneuvoston päätöksen (VNp) 1049/99 mukaan 1.11.2007 jälkeen jatkavilla kaatopaikoilla on oltava asianmukaiset pohjarakenteet. Käytännössä viimeistään tämän jälkeen vanhat toimintaan jäävät kaatopaikat on viipymättä kunnostettava. (SYKE, 2002)



Kuva 1. Kaatopaikan pohjan rakennekerrokset (SYKE, 2002)

2.4 PINTARAKENTEITA KOSKEVAT VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (VNp 861/97) määrää pintarakenteista seuraavaa: ”Täyttöalueen saavutettua lopullisen korkeutensa on sen päälle rakennettava pintakerros, jossa ovat taulukossa 1 esitetyt seuraavat rakennekerrokset ylhäältä alaspäin luettuina. Rakennejärjestystä voidaan perustellusta syystä muuttaa.”

Taulukko 1. Viranomaismääräysten mukaiset kaatopaikan pintarakennekerrokset.

Kerros	Kaatopaikkaluokka	
	tavanomainen jäte	ongelmajäte
Pintakerros ≥ 1 m	Vaaditaan	Vaaditaan
Kuivatuskerros $\geq 0,5$ m	Vaaditaan	Vaaditaan
Tiivistyskerros $\geq 0,5$ m	Vaaditaan	Vaaditaan
Keinotekoinen eriste	Ei vaadita	Vaaditaan
Kaasukeräyskerros	Vaaditaan	Tarpeen mukaan

3 KAATOPAIKAN KUIVATUS

3.1 SUOTOVESI

Suotovettä muodostuu, kun sadevesi kulkeutuu jätteen läpi. Suotoveden muodostuminen rajoittuu täten pääasiassa vain kaatopaikan täyttövaiheeseen ja pyritään minimoimaan välipeitteiden avulla. Suotovedessä voivat orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden pitoisuudet nousta hyvinkin korkeiksi. Suotovesi vajoaa kaatopaikan pohjalle, josta se tyypillisesti kerätään salaojakerrokseen sijoitetulla putkistolla, josta se edelleen johdetaan käsittelyyn. Ongelmana kuitenkin on se, että ilman säännöllistä huoltoa ja puhdistusta putkisto voi tukkeutua käyttökelvottomaksi huomattavan nopeasti, jopa alle kymmenessä vuodessa. Tukkeutuminen voi aiheutua esim. hienorakeisen materiaalin kulkeutumisesta suotoveden mukana putkeen tai mikro-organismien nopeasta kasvusta. Putkien tukkeutuessa alkaa muodostua hydrostaattinen paine kaatopaikan pohjan tiivistysrakenteita vastaan. Hydrostaattisen paineen noustessa tiivistysrakenteiden pettämisen todennäköisyys kasvaa ja hallitsemattomalla vuodolla ympäristöön voisi olla tuhoisat seuraukset.

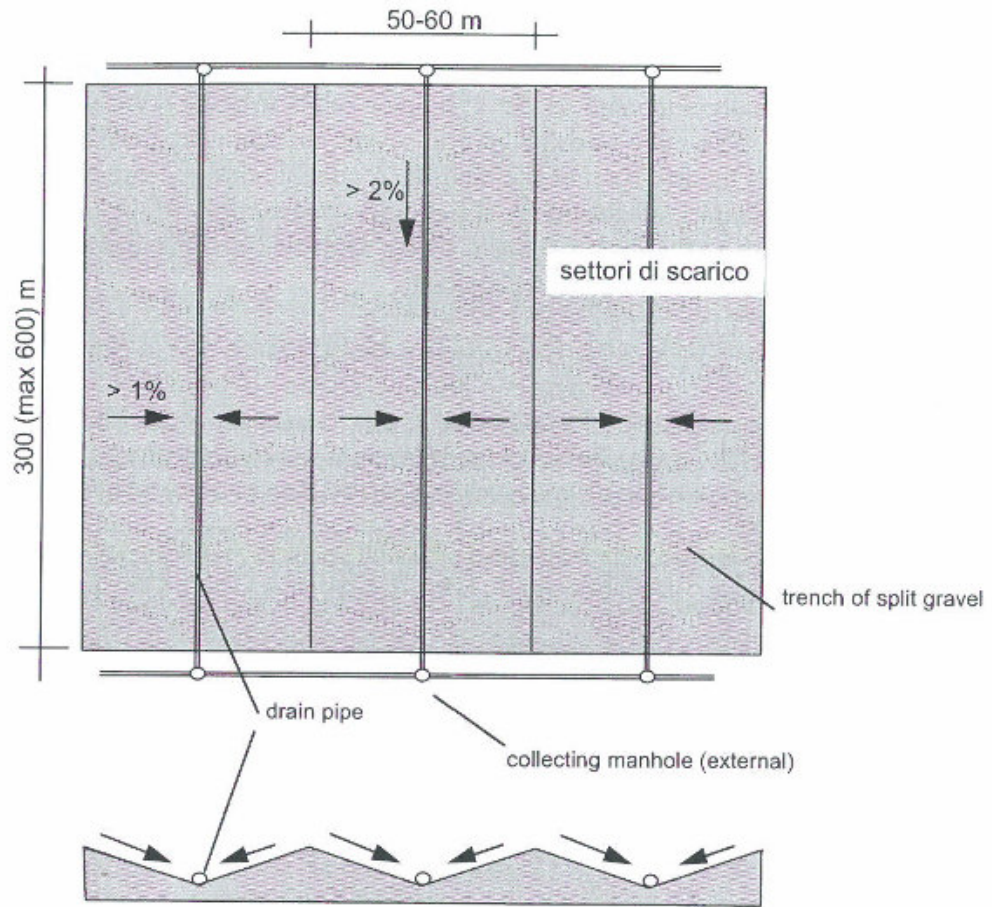
Suotoveden syntyminen estetään jätetäytön yläpuolisilla tiivisterakenteilla ja leviäminen ympäristöön jätetäytön alapuolisilla tiivisterakenteilla, eli pohjarakenteilla.

Pohjarakenteella tarkoitetaan kaatopaikan alusrakenteen (pohjamaan) ja jätteen välissä sijaitsevia rakennekerroksia. Pohjarakenne sisältää vettä läpäisemättömät tai heikosti läpäisevät tiiviste- ja eristekerrokset (kuva 1).

Jätetäytön biologinen toiminta on riippuvainen jätteen sisältämän kosteuden määrästä, minkä vuoksi suotoveden kierrättäminen imeyttämällä se takaisin jätetäyttöön voi tulla kyseeseen tapauksissa, joissa jätetäyttöä operoidaan bioreaktorina.

3.2 KUIVATUSPERIAATTEET

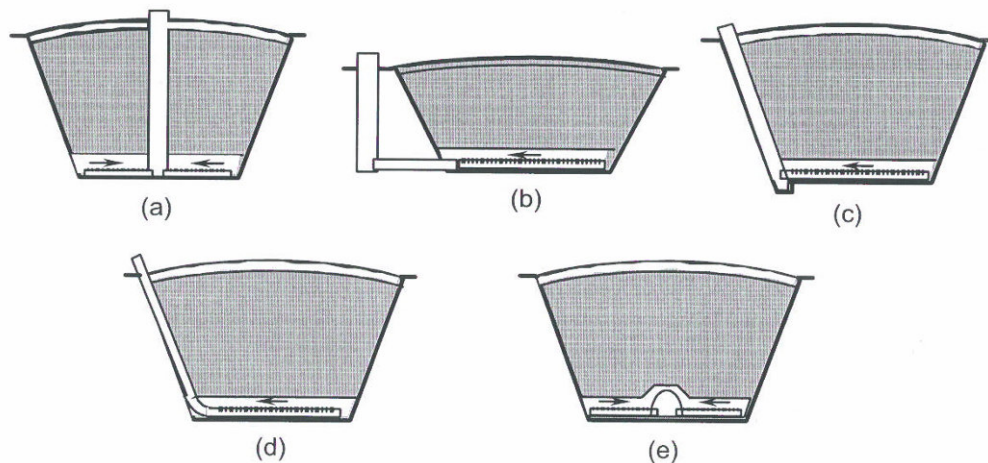
Kaatopaikan suotovesien keräämiseksi on olemassa useita periaatteellisia ratkaisuja. Eri ratkaisuilla on sama tavoite: pienentää kaatopaikan tiivistysrakenteisiin kohdistuvaa hydraulista gradienttia eli vedenpainetta. Vedenpaineen syntyminen pyritään estämään mahdollisimman tehokkaalla suotovesien keräysjärjestelmällä. Yhteistä menetelmillä on kaatopaikan pohjalla tiivisterakenteen ja sen suojarakenteen päällä oleva salaojituserkos, johon on sijoitettu suotovesien keräysputket. Kaatopaikan jätetäytön dimensioista riippuen suotovesi voidaan kerätä ja johtaa käsittelyyn suoraan suotoveden keräysputkistoa käyttäen tai kokoojaputkistojen ja kaivojen kautta. Suotovesi ohjataan kohti salaojaputkia muotoilemalla kaatopaikan pohja siten, että salaojakerroksessa suotoveden virtaussuunnan gradientti on aina kohti salaojaa. Kuvassa 2 on esitetty toimiva esimerkki kaatopaikan pohjan muotoilusta.



Kuva 2. Esimerkki toimivasta kuivatusjärjestelmästä (Cossu & Lavagnolo 1999).

Kuvasta 2 poiketen Suomessa käytössä olevien ohjeiden mukaan suositellaan pohjan minimikaltevuudeksi 3 % putkistoon päin ja 1 % putkiston suunnassa. (SYKE, 2002)

Periaatteellisten kuivatusratkaisujen ero on siinä, miten suotovesi johdetaan hallitusti käsittelyyn kaatopaikan tiivisterakenteiden ulkopuolelle. Kuvassa 3 on esitetty erilaisia periaatteellisia ratkaisuja suotovesien johtamiseksi käsittelyyn kaatopaikan pohjalta, kun kaatopaikan pohja on ympäröivää maanpintaa alempana, kuten Ämmäsuolla on. Käytettävän ratkaisun valintaan vaikuttavat eniten alueelliset olosuhteet ja suunnittelun lähtökohdat.



Kuva 3. Erilaisia vaihtoehtoja suotovesien poistamiseksi kaatopaikan pohjalta: a) pystykaivo keskellä, b) pystykaivo sivulla, c) vinokaivo luiskassa, d) vinoputki luiskassa ja e) tunneli. (Cossu & Lavagnolo 1999)

3.3 SUOTOVESIPUTKIEN JA KOKOOJALINJOJEN SIOITTELU JA HUOLTO

Tavallisesti suotovesi kerätään kaatopaikan pohjalta suotovesienkeräilyputkistolla, joka on sijoitettu salaojituserrokseen. Suotovesi johdetaan painovoimaisesti yksittäisiä putkia pitkin kokoojalinjoihin, joita pitkin edelleen pumppaamolle, tasausaltaille ja käsittelyyn. Pumppaamo tarvitaan, ellei alueellinen topografia mahdollista suotovesien johtamista painovoimaisesti suoraan tasausaltaille.

Kokoojalinjat on mahdollista sijoittaa kaatopaikan pohjan reunalle tai keskelle. Kokoojalinjan sijoittaminen keskelle tulee kysymykseen laajoilla kaatopaikoilla, joilla yksittäisten suotovesiputkien pituus muutoin olisi niiden toimivuuden ja huollon kannalta liian suuri. Yksittäisen suotovesiputken pituuden kasvaessa häiriöiden todennäköisyys putken toiminnassa kasvaa sekä huolto- ja tarkastustoimet vaikeutuvat. Esimerkiksi Cossu & Lavagnolo (1999) esittävät, että suositeltava maksimipituus yksittäiselle suotovesiputkelle on noin 300 metriä, kun salaojien väli on 50...60 metriä.

Suotovesiputkien ja kokoojalinjojen huolto on järjestelmän toimivuuden kannalta oleellinen osa. Huollon puuttuessa suotovesiputki voi halkaisijasta, putkeen kulkeutuvan hienoaineksen määrästä ja mikrobien kasvun nopeudesta riippuen tukkeutua jopa alle kymmenessä vuodessa. Suotovesiputkien toiminnan häiriöt aiheuttavat suotoveden patoutumista kaatopaikan pohjan tiivisterakenteita vasten ja lisäävät siten oleellisesti vuodon mahdollisuutta. Empiirisiin kokemuksiin perustuen suotovesiputkien huuhtelu tulisi suorittaa vähintäänkin kerran vuodessa. Suotovesiputkien huuhtelun yhteydessä kullekin suotovesiputkelle tulee tehdä putken

kuntoa kartoittava kamerakuvaus. Kamerakuvauksen avulla voidaan seurata mm. putken mekaanista kulumista.

Suomen ympäristökeskuksen julkaisun ”Kaatopaikan tiivistysrakenteet” (2002) mukaan suotovesienkeräilyputkisto tulisi varustaa huuhtelujärjestelmällä. Suotovesiputkien pesuun käytetään yleisimmin painehuuhtelua. Painehuuhtelussa pesukärki etenee putkessa kärjen etenemissuuntaan nähden viistosti taaksepäin suuntautuvan vesisuihkun avulla. Vesisuihku irrottaa putken seinämään kertyneen kuonan, joka huuhtoutuu veden mukana pois. Huuhtelulla voidaan myös varmistaa suotovesiputkien reikien auki pysyminen.

4 TOTEUTETTUJA HUOLTOTUNNELEITA

4.1 TOTEUTETTUIJEN HUOLTOTUNNELIEN KARTOITUS

4.1.1 Kirjallisuustutkimus

Yhtään huoltotunneleita kattavasti käsittelevää nidottua teosta ei tiettävästi ole toistaiseksi julkaistu. Pääasiassa kirjalliset lähteet rajoittuvat artikkeleihin, jotka on julkaistu Sardinian kansainvälisen jätehuolto- ja kaatopaikkasymposiumin (International Waste Management and Landfill Symposium) artikkelikokoelmissa sekä muiden konferenssien julkaisuissa. Lisäksi kirjallisen aineiston piiriin voidaan lukea eri maiden kaatopaikkojen rakentamista ja ylläpitoa koskevat normistot. Taulukossa 2 on esitetty aihetta sivuavia kansallisia normeja ja ohjeita.

Taulukko 2. Huoltotunneleiden rakentamista ja käyttöä koskevia kansallisia ohjeita.

DIN EN 13491	2004-11	Geosynthetic barriers – Characteristics required for use as a fluid barrier in the construction of tunnels and underground structures, Saksa
DIN EN 13256	2001-04	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of tunnels and underground structures, Saksa
SIA 197	2004-10	Projektierung Tunnel Grundlagen (Project: Planning Tunnel Elements), Itävalta
GUV-R 127	2001-02	Guidelines for Safety and Health Practice – Landfills, Saksa

4.1.2 Internet-haku

Internet-haun tuloksena oli muutamia yhteystietoja ja joidenkin kaatopaikkojen kotisivuja. Tietoja huoltotunneleista oli hyvin vaikea löytää internet-haun avulla. Tämä saattaa johtua varioivasta termistön käytöstä ja siitä, että kaatopaikkojen sivustot on usein suunnattu niiden ensisijaisille käyttäjille eli asiakkaille.

Tunnelien tietoja internetin välityksellä selvittäessä on tiedettävä kyseisen tunnelin huolto-organisaatio, jonka kautta voidaan mahdollisesti löytää tietoa tunnelista. Taulukkoon 3 on kerätty löydetty www-osoitteet kaatopaikoille, jotka mainitsevat huoltotunnelin sivuillaan tai niillä tiedetään sellaisen olevan. Merkille pantavaa on, ettei www-osoitteita löytynyt sellaisille alankomaisille kaatopaikoille, joilla tiedetään olevan tunneli.

Taulukko 3. www-osoitteita, joilla on maininta kaatopaikalla sijaitsevasta huoltotunnelista.

Kaatopaikka	www-infoa kaatopaikasta tai tunnelista
AHSK, Saksa	http://www.ahsk.hochsauerlandkreis.de/frameset.htm
AUSSERNZELL, Saksa	http://www.awg.de
CRÖBERN, Saksa	http://www.zaw-wachau.de/index2.htm http://www.e-wev.de/index2.htm
EITERKÖPFE, Saksa	http://www.dzv-eiterkoepfe.de
KAHLENBERG, Saksa (kalliotunneli)	http://www.u-t-b.de/
SCHÖNEICHE, Saksa	http://www.ecosoil.de http://www.meab.de/
WIRMSTHAL, Saksa	http://www.rhoen-sale.net/lis/App2/LKKissingen/aufgaben/umwelt/abfallwirtschaft/index.cfm
SIGGERWIESEN, Itävalta	http://www.rhv-sab.at/sab

4.1.3 Sähköpostikyselyt

Suppean kirjallisen lähdeaineiston vuoksi huoltotunneleista on kysytty kirjeitse kokemuksia suoraan tunnelien käyttäjiltä eli usein huolto-organisaatiolta ja suunnittelijoilta. Huoltotunneleita koskevia tietoja kysyttiin myös eri yliopistoille lähetetyillä kirjeillä. Kyselyä varten laadittiin tiedustelukirje, joka lähetettiin internet-haun perusteella löydetyille huoltotunnelikohteille, huoltotunneleita koskevien artikkelien kirjoittajille sekä muille tiedossa oleville alan asiantuntijoille. Kysely lähetettiin 22 henkilölle, joista yhdeksältä saatiin vastaus. Taulukossa 4 on esitetty henkilöt, joille kyselykirje on lähetetty. Kyselyyn vastanneet henkilöt on esitetty kursivilla (Ramboll 2005a).

Taulukko 4. Henkilöt, joille huoltotunneleita koskeva kyselykirje on lähetetty. Kyselyyn vastanneet henkilöt on esitetty lihavoidusti kursiivilla.

HENKILÖ	ORGANISAATIO
Bauerfeind, Holger	Zweckverband Abfallwirtschaft Westsachsen (ZAW), Zentraldeponie Cröbern, Saksa
<i>Benson, Graig</i>	<i>University of Wisconsin-Madison, Yhdysvallat</i>
<i>Boom, Anton van der</i>	<i>Essent Milieu Zuid, Saksa</i>
Brandl, Heinz	Wienin yliopisto, Itävalta
Christensen, Thomas	Technical University of Denmark
Cossu, Raffaello	University of Padua, Italy
<i>Daniel, David</i>	<i>University of Illinois, Yhdysvallat</i>
Gourc, Jean Pierre	Lirigm-universite Joseph Fourier, Ranska
<i>Gravgaard, Jens</i>	<i>Ramboll, Tanska</i>
Heimrich, Edmund	Ecosoil, Saksa
<i>Hermkes, Hans</i>	<i>Essent Milieu (Landgraaf), Hollanti</i>
<i>Krampen, Hermann</i>	<i>Zentraldeponie Eiterköpfe, Saksa</i>
Krozossok, Elfriede	Deponie Wirmsthal, Saksa
Matsufuji, Yasushi	Fukuoka University, Japan
<i>Nielsen, Thorben</i>	<i>Ramboll, Tanska</i>
Pietruska, Christian	Deponie Aussernzell, Saksa
<i>Rinttilä, Jussi</i>	<i>Doranova Oy, Suomi</i>
Saarela, Jouko	Suomen ympäristökeskus
Schernikau, Rüdiger	Märkische Entsorgungsanlagenbetriebsgesellschaft mbH (MEAB), Zentraldeponie Schöneiche, Saksa
Simon, Paul-Gerd	Ecosoil, saksa
<i>Stegmann, Rainer</i>	<i>Technische Universität Hamburg, Germany</i>
Wörgötter, Christien	Salzburger Abfallbeseitigung GesmbH, Itävalta

4.1.4 Kohdevierailut

YTV teki huhtikuussa 2001 tutustumismatkan Saksassa, Itävallassa ja Alankomaissa sijaitseville kaatopaikoille ja jätteenkäsittelykeskuksiin, yhteensä 15 kohteeseen. Vierailun kohteista yhdellä kaatopaikalla Saksassa (Eiterköpfe), yhdellä Itävallassa (Siggerwiessen) ja yhdellä Alankomaissa (Landgraaf) oli huoltotunneli. Tutustumismatkasta kirjoitettiin matkaraportti, jota on käytetty lähdeaineistona tässä työssä. (YTV, 2001)

Ämmäsuon huoltotunnelin tarkempaa suunnittelua varten toteutettiin syyskuussa 2005 tutustumismatka huoltotunnelikohteisiin, joiden aiemman tiedon, kyselykirjeiden ja selvitysten perusteella katsottiin tarjoavan tietoa suunnittelun avuksi. Vierailun aikana käytiin kuudessa kohteessa, joista viisi sijaitsi Saksassa ja yksi Alankomaissa. Kohteet olivat:

- Deponie Schöneiche, Saksa
- Zentraldeponie Cröbern, Saksa
- Deponie im Dienstfeld, Saksa
- Abfallwirtschaftszentrum Wirmsthal, Saksa
- Zentraldeponie Eiterköpfe, Saksa
- Landgraaf, Alakomaat

Tutustumismatkalle osallistuivat DI Mauri Uusihakala (YTV), DI Risto Pammo (YTV), DI Jarno Berghäll (Finnmap), DI Juha Forsman (Ramboll), DI Varho Laine-Juva (Ramboll), ja tekn.yo Fredrik Winqvist (Ramboll). Tutustumismatkasta kirjoitettiin matkaraportti ”Tutustumismatka kaatopaikkojen huoltotunnelikohteisiin Saksassa ja Hollannissa 12.-17.9.2005”. (Ramboll, 2005b)

4.1.5 Toteutetut huoltotunnelit maailmanlaajuisesti

Kirjallisuustutkimuksella, Internet-haulla sekä sähköposti- ja kirjekyselyillä kartoitettiin kaatopaikoilla sijaitsevien huoltotunnelien sijainteja ja niitä hallinnoivia organisaatioita. Lisäksi kohdevierailuilla tutustuttiin huoltotunnelikohteisiin. Huoltotunnelien rakentamista kaatopaikan pohjalle voidaan kerätyn aineiston perusteella pitää eurooppalaisena ilmiönä. Tehdyn selvityksen perusteella Saksassa ja Alankomaissa on noin 90 % rakennetuista kohteista. Taulukossa 5 on esitetty tiedossa olevat huoltotunnelit maailmanlaajuisesti. (Ramboll 2005a)

Taulukko 5. Tiedossa olevat huoltotunnelit toukokuussa 2008.

	MAA	ON (Tiedossa olevien lkm)	EI -	EI tod.näk	Kohteen nimi
EUROOPPA		14			
Pohjoismaat	Islanti, Norja, Ruotsi, Suomi ja Tanska	1			Ämmässuo
Baltia	Latvia, Liettua ja Viro			x	
Benelux –maat	Alankomaat	3			Landgraaf Schinnen Spinder
	Belgia			x	
	Luxemburg			x	
Länsi-Eurooppa	Englanti Espanja Irlanti Portugali Ranska			x x x x x	
Keski-Eurooppa	Italia			x	
	Itävalta	1			Siggerwiessen
	Puola			x	
	Saksa	9			Eiterköpfe AHSK Fernthal Aurach Wirmsthal Aussernzell Kahlenberg Schöneiche Cröbern
	Slovakia			x	
	Slovenia			x	
	Sveitsi			x	
	Tsekki			x	
	Unkari			x	
Itä-Eurooppa	Albania Bulgaria Moldova Romania Slovakia Ukraina Valko-Venäjä Venäjä			x x x x x x x x	
Balkanin maat	Albania Bosnia ja Herzegovina Bulgaria Kreikka Kroatia Makedonia Serbia ja Montenegro Turkki			x x x x x x x x	
Euroopan pikkuvaltiot	Andorra, Monaco, San Marino, Vatikaanivaltio ja Lichtenstein		x		
POHJOIS-AMERIKA ETELÄ-AMERIKA AASIA AFRIKKA AUSTRALIA			x	x x x x	

4.2 ALANKOMAAAT

4.2.1 Yleistä

Alankomaissa on Hans Hermkesin (2004a) mukaan rakennettu kolme jätetäytön alapuolista huoltotunnelia, jotka sijaitsevat Essent Milieun hallinnoimilla Landgraafin, Schinnenin ja Spinderin kaatopaikoilla (kuva 4). Hermkes työskentelee Essent Milieu -yhtymässä ja johtaa Limburgin alueen kaatopaikkoja muun muassa Landgraafissa ja Schinnenissä. Essent Milieu on energia-, jätehuolto- ja informaatiokaapeliomistajien ja toimijoiden yhteenliittymä, joka hallinnoi neljää käytössä olevaa ja kuutta suljettua kaatopaikkaa (YTV, 2001).

Essentin Hollannissa hallinnoimista kaatopaikoista kolmella on huoltotunneli (Schinnen, Tilburg ja Landgraaf). Schinnenin tunneli on jo käytöstä poistettu. Landgraaf on aktiivisessa käytössä. Hermkesin (2004a) mukaan Alankomaiden pohjoisosissa jäte yleensä poltetaan ja loppusijoitetaan, kun taas etelään tuodaan poltettavaksi kelpaamaton jäte. Tiettävästi Schinnenin tai Spinderin kaatopaikoilla on ollut teknisiä ongelmia tunnelin alapuolisen pohjamaan epätasaisten painumien vuoksi.



Kuva 4. Hollanti. Landgraafin (2), Schinnenin (3) ja Spinderin (1) kaatopaikkatunneleiden likimääräiset sijainnit on esitetty kartalla.

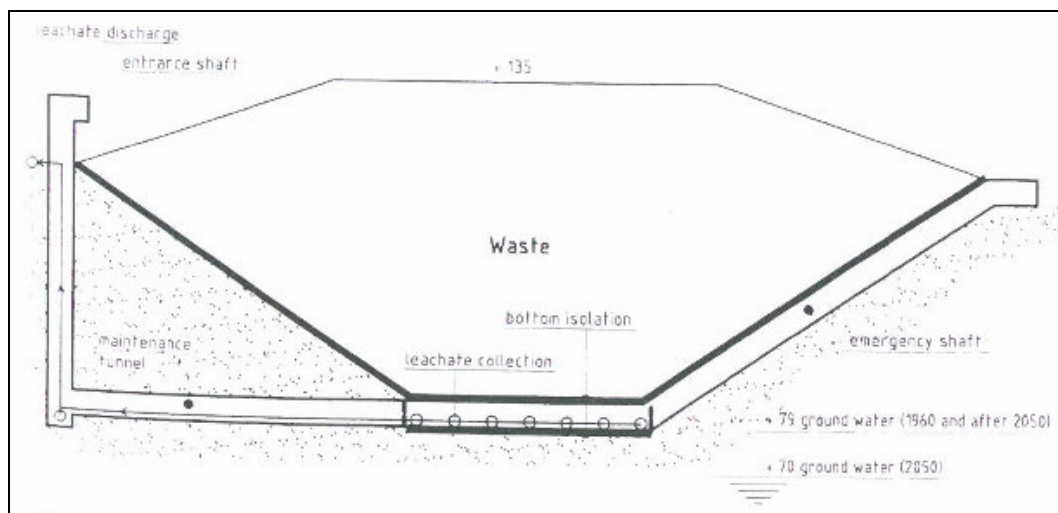
Alankomaissa kaatopaikka tulee kattaa 30 vuoden kuluessa sen käyttöönotosta. Käytön aikana kaatopaikkaa hallinnoiva kunta kerää veroina summan, jonka arvioidaan riittävän kaatopaikan jälkihoitoon sen lopetettua toimintansa.

4.2.2 Landgraaf, Alankomaat

Yleistiedot

Limburgin alueella Maastrichtin kaupungin läheisyydessä sijaitseva Landgraafin kaatopaikka on ollut aikaisemmin alueen kuntien hoitama, mutta sittemmin kaatopaikan hoito on siirretty Essent Milieulle. Landgraafin kaatopaikan huoltotunnelin pääsuunnittelijana toimi Jan den Ouden konsulttitoimisto Arcadiksesta.

Kaatopaikka kattaa toimintoiheen noin 28 ha alueen, josta varsinaista täyttöaluetta on noin 17 ha. Kaatopaikka on sijoitettu vanhaan hiekkakuoppaan, jonka keskimääräinen syvyys on noin 45 m. Jätetäyttöä tunnelin päällä on paikoin jopa 50 m (Den Ouden & Backhuijs, 1999). Kuvassa 5 on esitetty Landgraafin kaatopaikan poikkileikkaus.



Kuva 5. Landgraaf, kaatopaikan huoltotunnelin pituusleikkaus (Den Ouden & Backhuijs, 1999).

Pohjarakenne

Landgraafin kaatopaikan pohjarakenteet on rakennettu kahdessa vaiheessa, joissa on erilaiset pohjan tiivistysrakenteet. Vaiheen A mineraalinen tiivistyskerros on toteutettu savella. Vaiheessa B on käytetty trisoplastia eli hiekan, bentoniitin ja polymeerien sekoitusta. Tällä rakenteella saavutettiin suhteellisen ohuella (0,1 m) kerroksella erittäin pieni vedenläpäisevyys $k < 5 \times 10^{-11}$ m/s (Den Ouden & Backhuijs, 1999). Kaatopaikan pohjalla on kaksoiseristysrakenne, jossa tarkkailukerros on sijoitettu kahden HDPE kalvon väliin. Pohjan tiivistysrakenne on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Pohjarakenteet, Landgraaf (Den Ouden & Backhuijs, 1999).

Pohjan tiivistysrakenne on seuraava:		
-	Kuivatuskerros (sisältää suotovesiputket)	500 mm
-	Kalvo	2 mm
-	Tarkkailukerros	300 mm
-	Kalvo	2 mm
-	Mineraalinen tiivistyskerros / Savi	500 mm / 100 mm (vaihe A / Vaihe B)
-	Tasauskerros	

Huoltotunneli

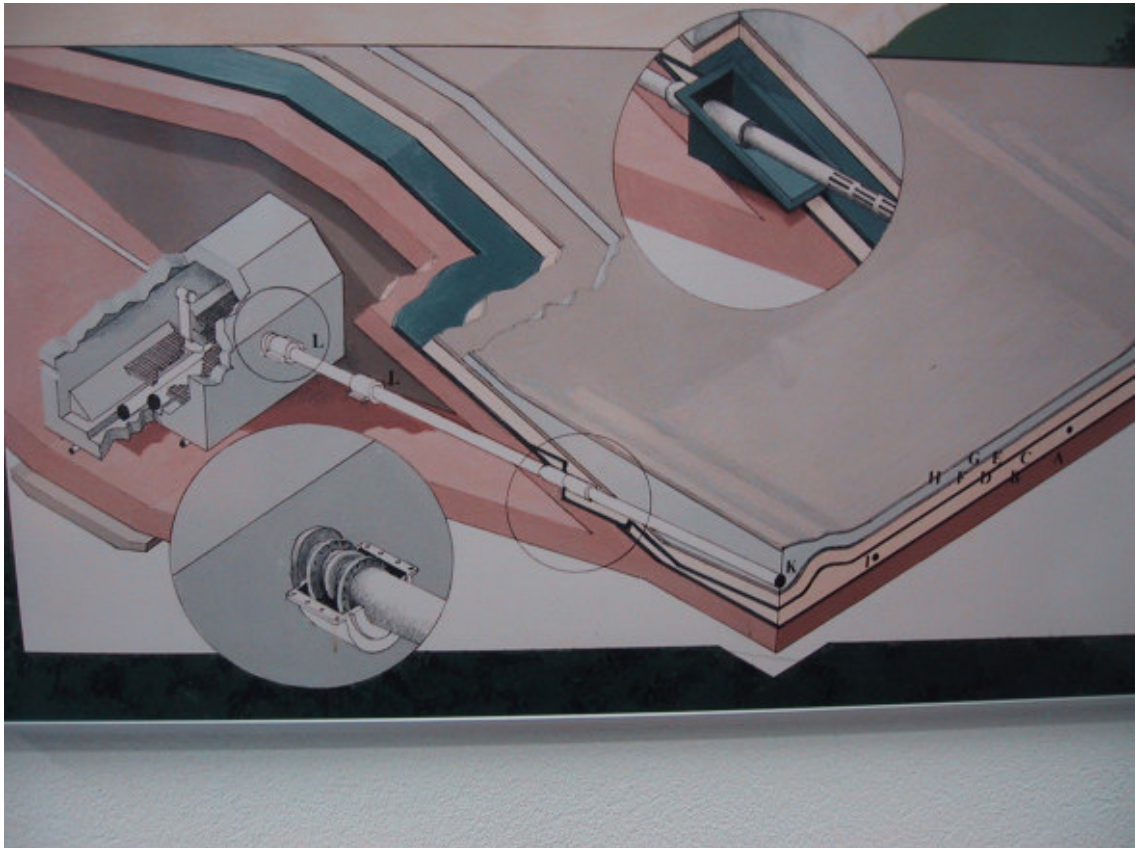
Kaatopaikan alla oleva suotovesi- ja pohjavesijärjestelmien huoltotunneli on rakennettu kahdessa vaiheessa, joista vaihe A (240 m) valmistui 1994 ja vaihe B (160 m) vuonna 1999. (Ramboll, 2005b)

Huoltotunnelin sisäleveys on 3,10 m ja korkeus 3,1 m, ja se on noin 400 m pitkä. Tunnelin yläkulmat on viistetty. Huoltotunnelin toisessa päässä on hissi ja toisessa vino hätäpoistumisreitti. Tunnelin mitoituskä on 100 vuotta (Den Ouden & Backhuijs, 1999). Tunnelin rakennemitoituksessa käytettiin jätteen tilavuuspainona 12 kN/m^3 . Yhteiskuntajätteen määrän vähennyttyä rajusti vuoden 1996 jälkeen jätteen tilavuuspaino on noussut.

Huoltotunnelissa on liikuntasaumot 20 metrin välein (Den Ouden & Backhuijs, 1999). Huoltotunnelin alapuolisen pohjamaan on suunnitteluvaiheessa laskettu painuvan siten, että paksuimman jätetäytön kohdalla saavutetaan maksimipainuma. Epätasaiseen painumaan on varauduttu siten, että huoltotunnelin pituusleikkauksessa paksuimman jätetäytön kohdalla tunneli on ylempänä kuin ohuemman täytön kohdalla. Painumaseurantaa varten tunneliin on asetettu korkopultteja 15 metrin välein. Pulttien korko vaaitaan kerran vuodessa ja tulosta verrataan laskettuihin (arvioituihin) painumiin. Tunnelin painuma-analyysin tekee vuosittain tunnelin suunnitellut toimisto Arcadis. (Hermkes, 2005a)

Tunnelin ja ympäröivän kaatopaikan pohjan epätasaiset painumat, eli huoltotunnelin ja suotovesiputken painumaerot on pyritty kompensoimaan suotovesiputkessa kahdella nivelellisellä liitoksella tunnelin sivulla. Nivelelliset liitokset mahdollistavat putken taipumisen ja pienen venymisen.

Kuvissa 6 ja 7 on esitetty havainnekuva huoltotunnelin ja pohjarakenteen poikkileikkauksesta ja siihen liittyvien yksittäisten suotovesiputkien siirtymärakenteesta sekä huoltotunnelista rakennusvaiheessa.



Kuva 6. Landgraaf, havainnekuva kaatopaikkatunnelista ja tunneliin tulevien SO-putkien siirtymä- ja läpivientirakenteista (YTV 2001).



Kuva 7. Landgraaf, huoltotunneli rakenteilla (YTV 2001).

Huoltotunnelin toiminnallisena tarkoituksena on mahdollistaa tiivistysrakenteiden toimivuuden kontrollointi, suotovesien keräys ja suotovesiputkien huolto. Monitorointikerroksessa olevia tarkkailusaloja voidaan myös käyttää pohjarakenteen muodonmuutosten mittaukseen paineanturien avulla ja toisaalta suotovesien keräysjärjestelmänä, mikäli kaatopaikan pohja vuotaisi. (Ramboll, 2005b)

Yksittäiset suotovesien keräysputket on liitetty tunnelissa kulkevaan kokoojaputkistoon, jonka avulla suotovedet johdetaan pumppaamolle. HDPE:stä valmistettujen suotovesiputkien halkaisija on 300 mm ja pituus noin 150 m käytössä olevan alueen suuntaan ja 10 m mahdollisen laajennusalueen suuntaan. Suotovesiputkien huuhtelu- ja kuvaustöitä varten tunneliin on järjestetty erillinen ilmastointijärjestelmä. Suotovesiputkien huoltoon on kaatopaikalla itse kehitetty huoltovaunu, kuva 8. (Hermkes, 2005b)

Turvallisuusmääräyksen mukaan tunnelin sisällä on aina työskenneltävä pareittain. Lisäksi tunnelin suuaukolla on henkilö varmistamassa tunnelissa olijoiden turvallisuutta. Tunnelissa työskentelyyn vaaditaan erillinen työluva. Tunnelissa on jatkuva perusilmanvaihto, jota tehostetaan tunneliin mentäessä. Huoltotunnelin kaikki sähkölaitteet ovat EX –suojattuja. (Ramboll, 2005b)



Kuva 8. Landgraaf, huoltovaunu (Hermkes, 2005b).

4.2.3 Schinnen, Alankomaat

Yleistiedot

Schinnenin on yhdyskuntajätteen ja teollisuusjätteen kaatopaikka. Kaatopaikka on perustettu kahteen suurehkoon hiekkakuoppaan, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 43 ha. Tilavuudeltaan kaatopaikka on noin 7,3 milj. m³. Keskimääräinen jätetäytön paksuus vaihtelee välillä 30...35 m. Hiekkakuoppien seinämien kaltevuudet vaihtelevat välillä 1:1...1:1,5. (Geusebroek & Luning, 1993)

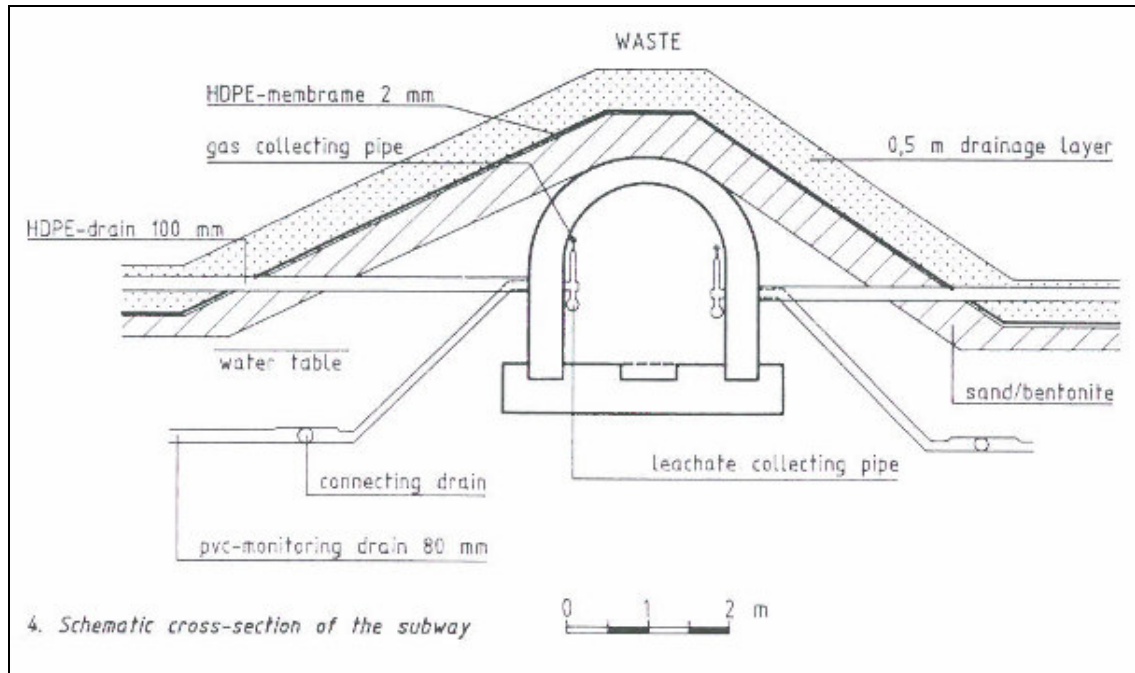
Kaatopaikka jakautuu viiteen eri alueeseen täyttövaiheiden mukaan. Alueille 1 ja 2 ajettiin jätettä vuoteen 1992 asti eikä ko. alueilla ole eristyskerroksia. Pohjarakenne alueilla 3...5 on rakennettu hollantilaisten normien mukaan. (Ramboll, 2005b)

Huoltotunneli

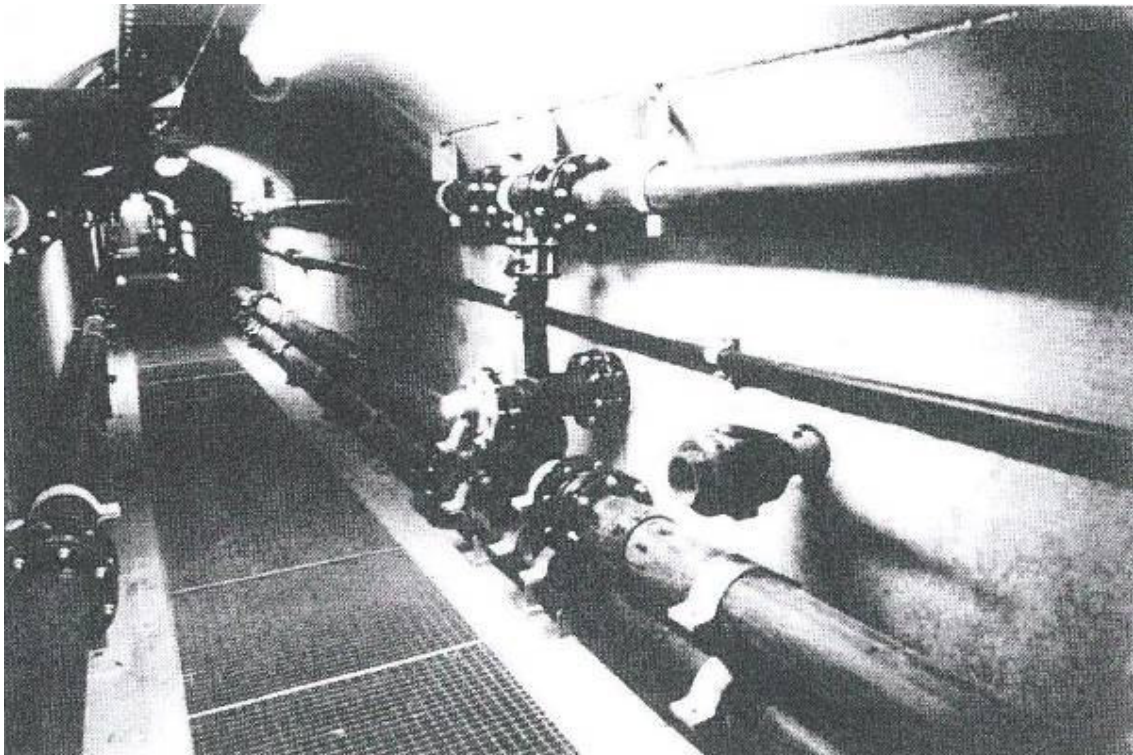
Hollantilaiseen kaatopaikan toimintaperiaatteeseen kuuluu mm. suotovesien keräys ja pohjan tiiviyn tarkkailu, jotka kyseisessä kohteessa tapahtuvat yli 30 m syvyydessä. Huoltotunneliratkaisun todettiin olevan paras vaihtoehto toteuttaa kyseiset vaatimukset. Suotovedet kerätään tunnelissa kulkevaan kokoojaputkistoon. Tunnelista suoritetaan myös pohjarakenteen tiiviyn tarkkailu. Lisäksi tunneliin on rakennettu alipaineperiaatteella toimiva kaasunkeräysjärjestelmä. Pohjarakenteen tiiviydentarkkailujärjestelmä on toteutettu siten, että sitä voidaan hyödyntää suotovesien keräysjärjestelmänä, mikäli tiivistyskerroksissa havaitaan vakavaa vuotoa. (Geusebroek & Luning, 1993)

Tunneli on 2 metriä korkea ja 400 m pitkä. Tunneli rakennettiin kolme metriä pitkistä tunnelielementeistä, mikä mahdollisti lyhyen rakennusajan. Tunnelin sisämitat valittiin siten, että ne mahdollistavat työskentelyn tunnelissa. Työskentelyn turvaamiseksi tunneliin pumpataan puhdasta ilmaa. Tunnelissa on tarkkailujärjestelmä ilman laadun valvontaan sekä varoitusjärjestelmä haitallisten kaasujen havaitsemisen varalta. Kaikki tunnelin laitteet ovat räjähdysuojattuja. Lisäksi tunneli sisältää erillisen puhdasvesijärjestelmän suotovesijärjestelmän puhdistamista varten. (Geusebroek & Luning, 1993)

Tunnelin kummassakin päässä on kuilu, jota käytetään suotovesien pumppaukseen maanpinnalle, raikkaan ilman virtaukseen tunneliin ja uloskäynteinä. Kuvissa 9 ja 10 on esitetty havainnekuva huoltotunnelin poikkileikkauksesta ja sisänäkymä huoltotunnelista valmistumisen jälkeen. Kuvassa 11 on esitetty huoltotunneli rakennusvaiheessa.



Kuva 9. Schinnen, huoltotunnelin poikkileikkaus (Geusebroek & Luning 1993).



Kuva 10. Schinnen, huoltotunneli sisältä. Ylhäällä oikealla kaasunkeräysputki. Kaasunkeräysputken alapuolella suotovesiputken pää ja sen alapuolella suotoveden kokoojaputki. (Geusebroek & Luning 1993) Suotovesisäoajaputken oikealla puolella on todennäköisesti tarkkailuputken pää. Putkien päiden yläpuolella lieenee puhdasvesiputki.



Kuva 11. Schinnen, huoltotunneli on rakennettu 3 m pitkistä elementeistä. (Geusebroek & Luning 1993)

4.2.4 Spinder, Alankomaat

Yleistiedot

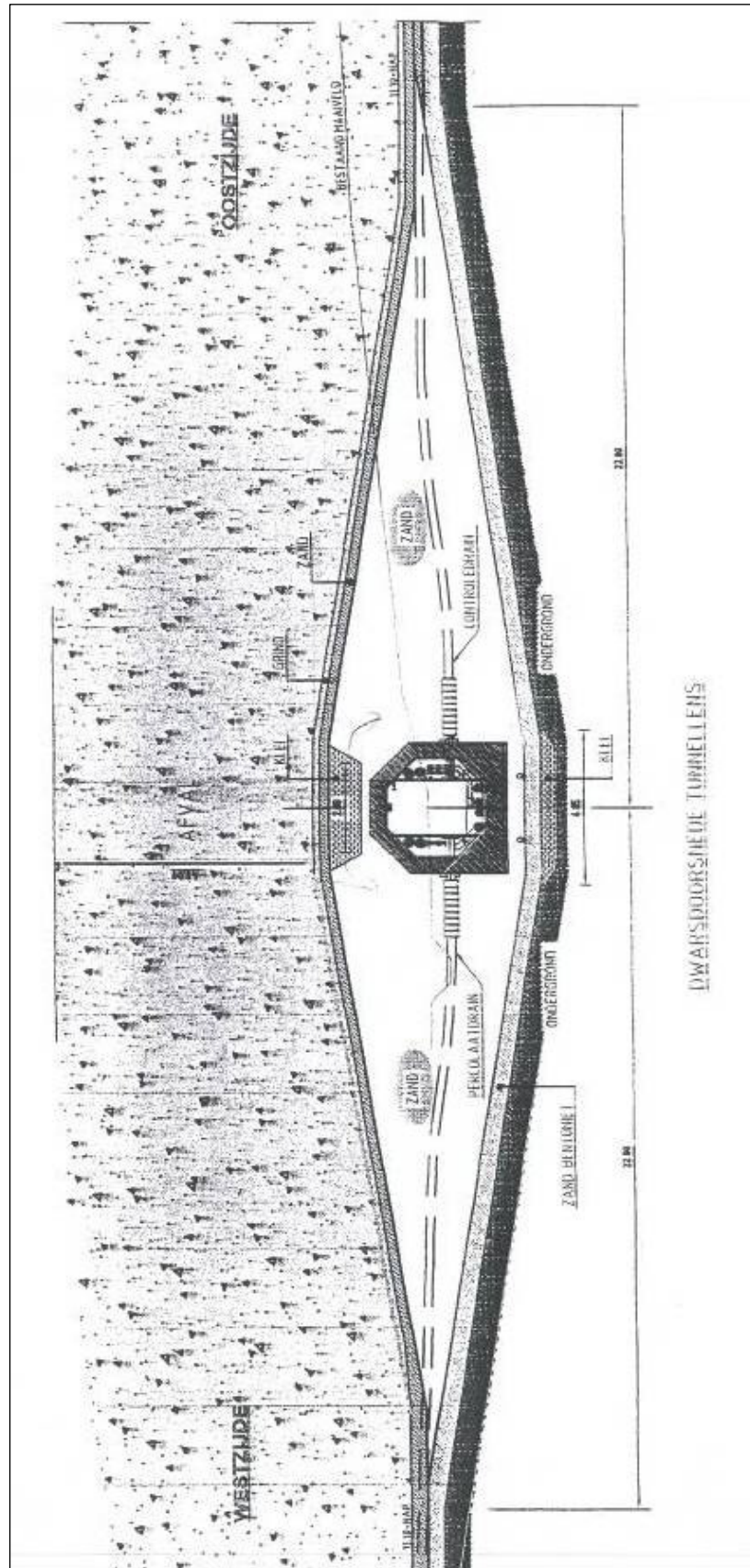
Spinderin kaatopaikka on yhdyskunta- ja teollisuusjätteen kaatopaikka. Tunneli on rakenteeltaan lähes yhtenevä Landgraafin tunnelin kanssa, ja myös Spinderin tunnelin on suunnitellut konsulttitoimisto Arcadis.

Huoltotunneli

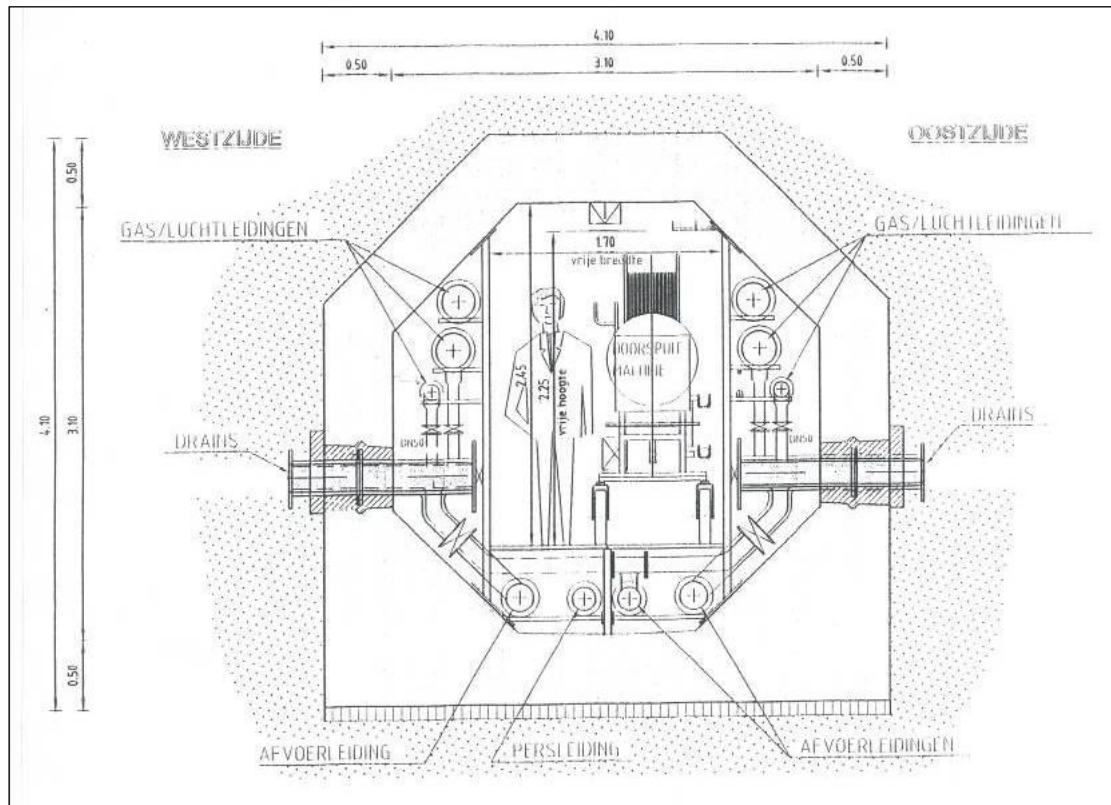
Tunneli on 380 m pitkä ja sisämitoiltaan 3,1 m x 3,1 m. Seinämäpaksuus tunnelissa on 0,5 m. Tunneli on muodoltaan muunneltu kuusikulmio ja se on rakennettu betonielementeistä. Sen päällä on noin 25 m paksu jätekerros. Kuvan 12 mukaisesti huoltotunnelin ylä- ja alapuolelle on rakennettu savikerros, jonka tarkoituksena lieenee huoltotunneliin kohdistuvan pystykuorman vähentäminen ”ohjaamalla” kuormat huoltotunnelin sivuille jäykempien hiekkakerrosten kannettavaksi.

Tunneli sisältää suotoveden- ja kaasunkeräysjärjestelmät, ja lisäksi tunnelissa tarkkaillaan pohjarakenteen tiiviyyttä ja tunnelin ilman laatua. Tunneli on rakennettu vuonna 1997. (Hermkes 2004b)

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty Spinderin huoltotunnelin sijoittuminen jätetäytön alle ja periaatekuva huoltotunnelin poikkileikkauksesta ja toimintojen sijoittumisesta tunneliin.



Kuva 12. Spinder, huoltotunnelin liittyminen kaatopaikan muihin pohjarakenteisiin (YTV, 2001)



Kuva 13. Spinder, huoltotunnelin poikkileikkauksen periaatekuva. (YTV, 2001)

4.3 SAKSA

4.3.1 Yleistä

Saksassa rakennettujen huoltotunneleiden tarkkaa lukumäärää ei ole tässä työssä kyetty tarkasti selvittämään, mutta ainakin yhdeksän kappaletta on rakennettu. Nämä tunnelit sijaitsevat Eiterköpfen, ASKH:n (waste management of the district Hochsauerlandkreis), Aurachin, Wirmsthalin, Aussernzelin, Schöneichen, Cröbernin ja Kahlenbergin kaatopaikoilla. Lisäksi suljetun Fernthalin kaatopaikan alitse on rakennettu rautatietunneli (2001), jota varten rakennettiin varsinaisen tunnelin alle huoltotunneli pohjavesien ja kaatopaikalta tulevien suotovesien hallitsemiseksi. Kuvassa 14 on esitetty Saksan kartta ja kohteet, joilla tiedetään olevan huoltotunnelit.



1. Deponie Schöneiche
2. AHSK
3. Fernthal
4. Zentraldeponie Eiterköpfe
5. Wirmsthal

6. Aurach
7. Zentraldeponie Cröbern
8. Deponie Ausserzell
9. Deponie Kahlenberg

Kuva 14. Saksa. Kartalla on esitetty tiedossa olevien huoltotunnelien likimääräiset sijainnit.

4.3.2 AHSK, Saksa

AHSK:n (Abfallentsorgungsbetrieb des Hochsauerlandkreises) kaatopaikalla olevan tunnelin pituus on noin 360 m (Maurer, 2004). Yhteyshenkilöinä tälle kaatopaikalle on toiminut Doranova Oy:stä Jussi Rinttilä yhdessä Christoph Maurerin kanssa (PALL GmbH Water Proseccing). Tarkempia tietoja huoltotunnelista tai sen suunnittelijoista ei kuitenkaan ole saatu.

4.3.3 Aurach, Saksa

Yleistiedot

”Im Diensfeld” Aurach on yhdyskuntajätteen kaatopaikka, joka sijaitsee noin 50 km Nürnbergistä itään Aurachissa. Kaatopaikka on perustettu vuonna 1979 ja rakennettu nykyiseen laajuutensa kolmessa vaiheessa (1, 2, 3a + 3b). (Kress, 2005)

Vuonna 1979 rakennetun 1. osan pohjan tiivistysrakenteena on 0,5 m savea ja 0,25 m kuivatuskerros. 2. osa rakennettiin vuosina 1980...81, jolloin mineraalisen tiivistysrakenteen paksuus oli 0,6 m. 3. osa (a + b) rakennettiin laajennuksen yhteydessä vuonna 1993. Tällöin pohjan tiivistysrakenteena käytettiin 1,0 m paksua savikerrosta ja 0,5 m paksua kuivatuskerrosta. (Kress, 2005)

Kaatopaikan pohjantiivistysrakenteissa ei ole käytetty kalvoa. Dieter Kress (2005) piti savea yksinään parempana ratkaisuna kuin ”savi + kalvo” –yhdistelmä rakenne. Ongelmana yhdistelmä rakenteessa oli Kressin mielestä saven kuivuminen ja halkeilu kalvon alla, jolloin kalvon käyttöä täyttyessä tiivistys on ainoastaan halkeilleen savitiivisteen varassa. Kress kertoo havainneensa vanhan täyttöalueen suotovesiputkien saneerauksen yhteydessä vanhan savitiivistyskerroksen pinnalle muodostuneen biologisen kerroksen, joka on erittäin huonosti vettäläpäisevä.

Huoltotunneli

Aurachin kaatopaikan huoltotunneli on 180 m pitkä. Huoltotunneliin kerätään kolmella suotovesisalaojalla alueen 3a suotovedet. Kaatopaikan viisto pohja ohjaa osan suotovesistä alueilta 1, 2 ja 3a tunnelin vierelle, josta suotovesiä kerätään tunnelin suuntaisilla salaojaputkilla. Huoltotunneli muodostaa padon, joka estää alueelta 3a suotovesiä virtaamasta alueelle 3b, joten salaojaputket ovat vain huoltotunnelin alueen 3a puoleisella reunalla.

Tunneli on rakennettu vuonna 1993. Yhtenä huoltotunnelin rakentamisen perusteena oli vaarallisen onnettomuuden sattuminen huoltotöiden aikana vanhalla täyttöalueella noin 30 m syvässä huoltokuilussa. Huoltotunnelin ja sen järjestelmien rakennuskustannukset olivat noin 1,8 milj. € eli noin 10 000 € / m (1993). (Kress, 2005)

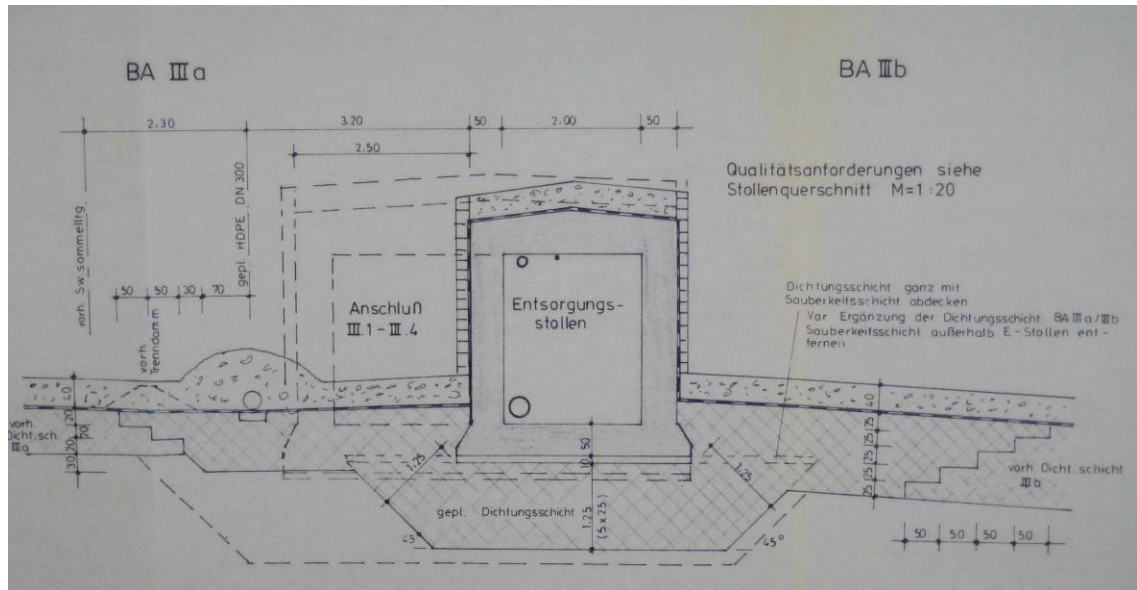
Tunnelin sisäleveys on 2 m ja korkeus 2,5 m. Seinämän paksuus on 0,5 m ja katon 0,7...0,85 m siten, että tunnelin katon yläpinta on muotoiltu harjakatoksi. Tunnelin pohjan paksuus on myös 0,5 m. Tunneli on perustettu mineraalisen tiivistyskerroksen päälle, jonka paksuus tunnelin kohdalla on 1,25 m. Tunneli on rakennettu 12 metrin osissa, joiden välissä on liikuntasaumot. Tunnelin ympärille on rakennettu salaojituseros tiilistä tunneliin kohdistuvan vedenpaineen poistamiseksi.

Tunneliin on tehty huoltoa varten suotovesiputkien kohdalle levennykset, jotta tilaa kaikille huoltotoimille olisi riittävästi. Tunnelissa oli kiinteästi asennetut huoltovarusteet jokaisen (3 kpl) suotovesiputken kohdalla. Suotovesiputket puhdistetaan neljä kertaa vuodessa, ja samassa yhteydessä suoritetaan myös putkien vuosittainen kamerakuvaus. Levennysten kohdalla tunnelin muoto on loivakulmainen, jotta ilmastointi toimisi asiallisesti myös leveämmissä kohdissa.

Tunnelin pääsisäänkäynti on noin 8 metriä ylempänä kuin tunnelin toinen pää. Kun tunnelissa ei ole toimintaa, on painovoimainen ilmanvaihto riittävä. Jätteen lämpötila tunnelin ulkopuolella vaihteli noin 10 vuotta sitten tehdyn mittauksen mukaan välillä 60...65°C. Jäte lämmittää tunnelirakenteita ja edelleen tunnelissa olevaa ilmaa, jolloin painovoimainen ilmanvaihto toimii paremmin. Suotovesiputkista on yhteys alipaineistettuun kaasunkeräysputkeen venttiilin läpi. Venttiili avataan huoltotoimien ajaksi, jolloin suotovesiputkessa oleva kaasu saadaan hallitusti johdettua ulos tunnelista kaasunkokoojalinjaa pitkin. Tunneliin vähäisissä määrin huoltotoimien aikana kulkeutuva kaatopaikkakaasu johdetaan ulos tunnelista huoltotoimien ajaksi päälle kytkettävän tehostetun ilmanvaihdon avulla. Tunnelin toisesta päästä puhalletaan raitista ilmaa, joka kulkee tunnelin läpi ja poistuu ylempänä olevan pääsisäänkäynnin ritiläoven läpi. (Kress, 2005)

Suotovedet kerätään tunnelissa sijaitsevaan kokoojaputkeen, jota pitkin vedet johdetaan käsittelyyn. Suotovesien keräysjärjestelmän lisäksi tunnelissa on järjestelmät metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuuksien valvomista varten. Kaikki huoltotunnelissa olevat sähkölaitteet ovat EX-suojattuja.

Kuvassa 15 on esitetty Aurachin kaatopaikan huoltotunnelin poikkileikkaus.



Kuva 15. Aurach ”Deponie in Diensfeld“.

4.3.4 Deponie Aussernzell, Saksa

Zentraldeponie Aussernzell palvelee Bayernin maakunnassa Donau-Waldin alueen noin 500 000 asukasta. Kaatopaikan kokonaistilavuus on 4,5 milj. m³. (Englmeier, 2003)

Huoltotunneli sijaitsee pohjan tiivisterakennekerroksien alla. Tunnelissa kulkevaan kokoojaputkistoon kerätään kaatopaikan suotovedet, ja tunnelista suoritetaan myös pohjanrakenteen tiiviiden tarkkailu. Tunneli on noin 360 m pitkä, sen leveys on noin 4 m ja korkeus noin 4,5 m. Rakennuskustannukset tunnelin sisältämä tekniikka mukaan lukien olivat noin 10 milj. euroa eli noin 28000 €/m. Huoltotunneli rakennettiin vuonna 1994. (Englmeier, 2003)

Kuvat 16 ja 17 ovat huoltotunnelin rakennusvaiheesta ja valmiin huoltotunnelin sisältä. Kuvien perusteella huoltotunnelin sijaitsee kaatopaikan reunalla.



Kuva 16. Aussernzell, yleiskuva huoltotunnelista rakennusvaiheessa (Englmeier, 2003).



Kuva 17. Yleiskuva Aussernzelin 360 m pitkän tunnelin sisältä (Englmeier, 2003).

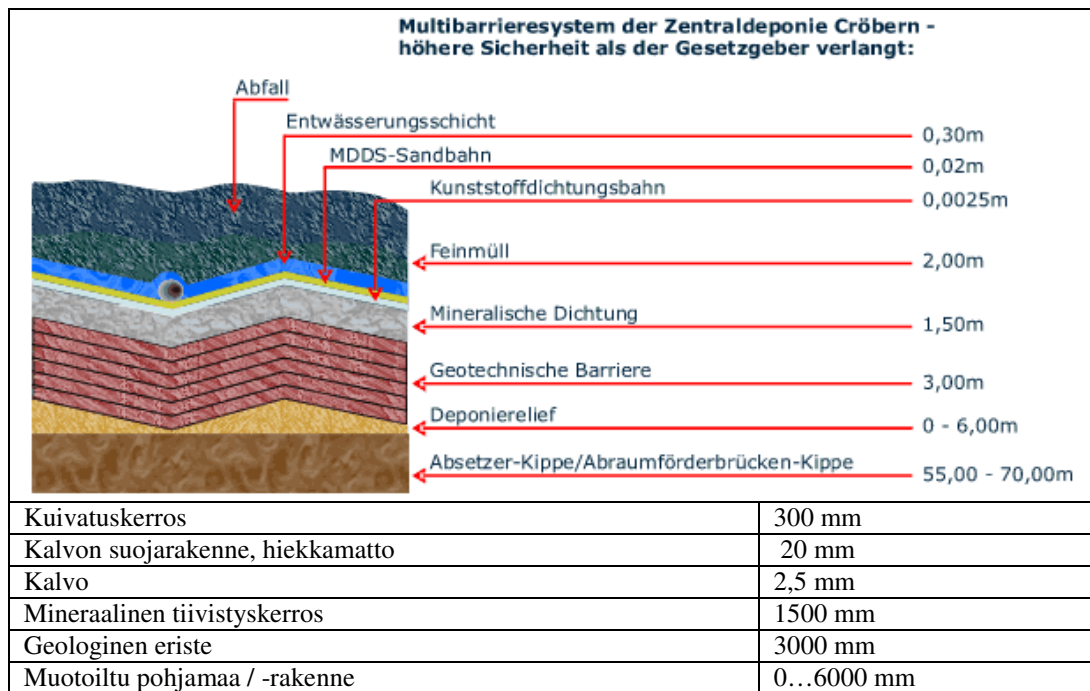
4.3.5 Zentraldeponie Cröbern, Saksa

Yleistiedot

Zentraldeponie Cröbern sijaitsee Sachsenin läänissä Liepzin kaupungin eteläpuolella. Kaatopaikan käyttöorganisaatio on Zweckverband Abfallwirtschaft Westsachsen (ZAW). Kaatopaikka on yhdyskuntajätteen kaatopaikka ja se sijaitsee entisen ruskohiilikaivoksen vieressä. Cröbernin kaatopaikan huoltotunneli on havaituista kohteista uusin, vaikka tunnelin tarkka rakennusajankohta ei ole tiedossa. Kaatopaikka on avattu vuonna 2005. (ZAW, 2005)

Cröbernin kaatopaikan pohjaeristys on toteutettu yhdistelmärakenteena kuvan 18 mukaisesti. Pohjaeristys on toteutettu saksan normien mukaisesti metrin ylemmäksi kuin korkein pohjavesipinnan havainto. HDPE-kalvon yläpuolella on kalvoa suojaava kerros, MDDS-Bahn (Mineralische Deponie-Dichtungs-Schutzbahn). Suojakerroksen päällä on salaojituskkerros, jossa suotovesien keräysputket sijaitsevat.

Tunnelin ylä- ja alapuolella sijaitsee kaatopaikan pohjan tiivistysrakenne (mineraalinen tiivistyskerros + keinotekoinen eriste). Tunnelin alapuolelle tiivistysrakenne on asennettu viranomaisten vaatimuksesta.



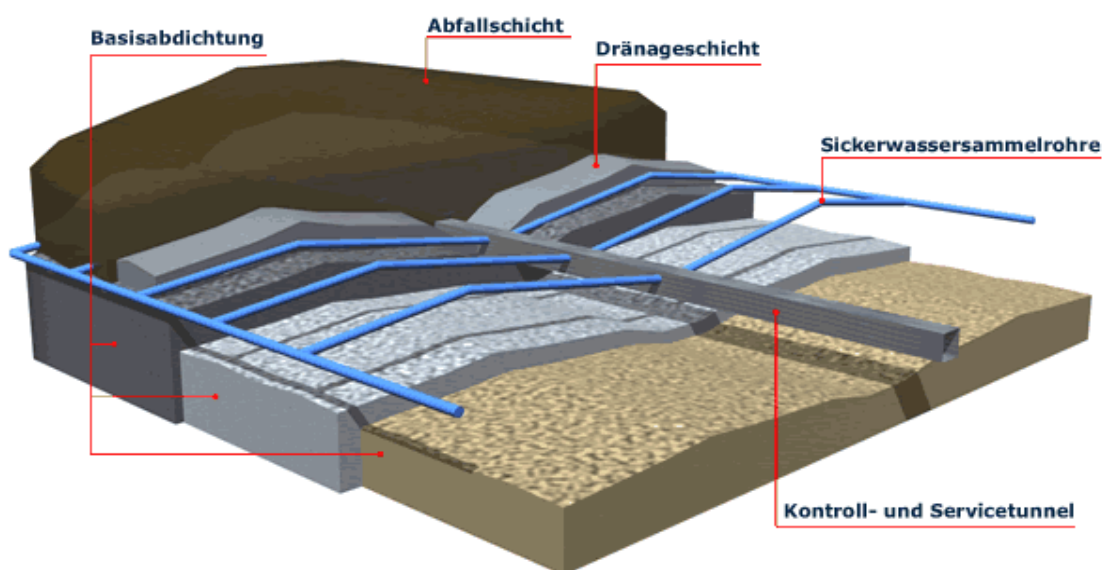
Kuva 18. Cröbern, pohjaeristys on toteutettu yhdistelmärakenteena (ZAW, 2005).

Huoltotunneli

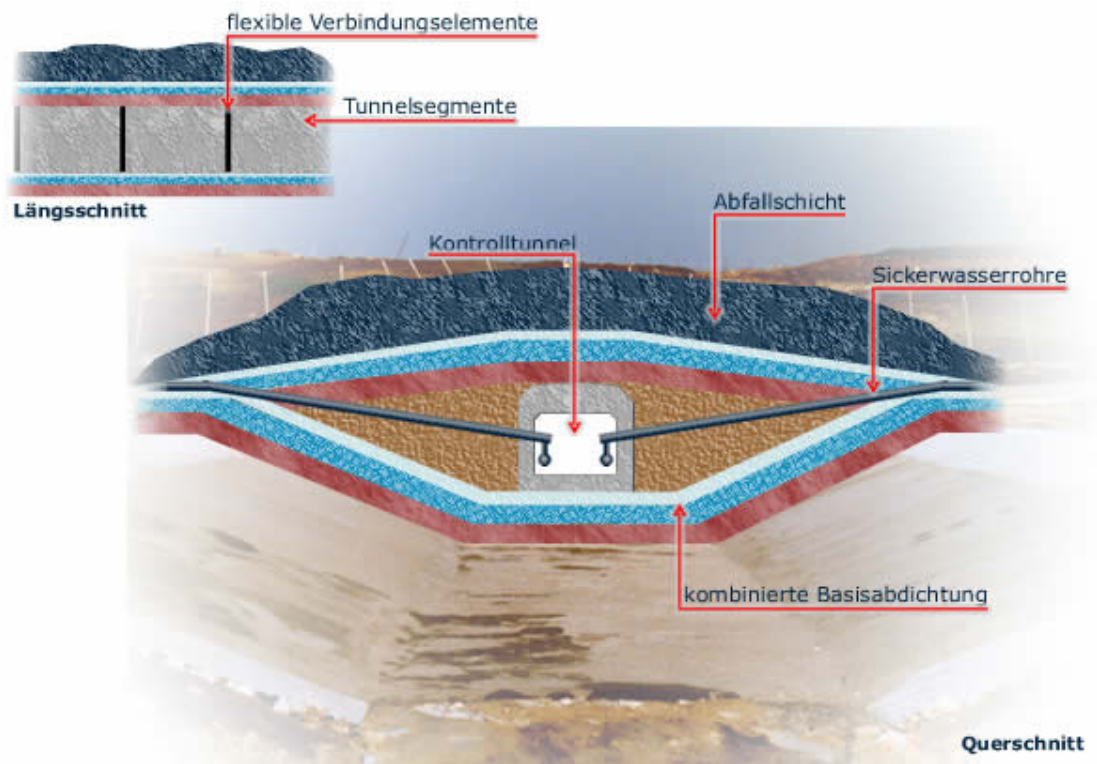
Kaatopaikka on hyvin leveä, joten suotovesisalaojien puhdistamisen mahdollistamiseksi on jätetäyttöalueen keskelle rakennettu tunneli. Ensimmäinen osa tunnelista on rakennettu 1995 ja tunnelia on jatkettu vaiheittain täytön etenemisen mukaan. Jätetäyttöalueen keskiosassa pohja on kallistettu kohden huoltotunnelia ja laidalla täyttöalueen reunoja kohden. Huoltotunnelin suunniteltu kokonaispituus on 900 m. (Ramboll, 2005b)

Huoltotunneli sijaitsee kaatopaikan keskellä. Kaatopaikan tiivistysrakenteet sekä ylittävät että alittavat huoltotunnelin. Tunnelin poikkileikkaus ja sijoittuminen muihin pohjarakenteisiin nähden on esitetty kuvissa 19 ja 20. Suotovesien keräysputket viettävät kaatopaikan reunoille kokoojaputkiin ja keskellä sijaitsevaan huoltotunneliin päin. Muodoltaan nelikulmaisen tunnelin sisäleveys on 4,0 m ja korkeus 3 m. (Ramboll, 2005b) Ylänurkat on viistetty lievästi.

Tunnelin alapuolella on 55...70 m paksu ruskohiilikerros, joka painuu, joten painumien huomioon ottaminen on vaikuttanut merkittävästi tunnelin suunnitteluun. Tunnelin päälle on tulossa noin 36 m paksu jätetäyttö. Tunnelin katon ja pohjan paksuus on 1,5 m ja seinän paksuus 1,0 m. Huoltotunneli on rakennettu osista, joiden välissä on liikuntasaumot noin 10 m:n välein. Tunnelin liikkeiden seuraamiseksi on asennettu monipuolinen instrumentointi, kuten siirtymämittarit liikuntasauomoissa, kiintopisteet lattiassa siirtymän mittaamiseksi, kiintopisteet poikkileikkauksen muodonmuutosten mittaamiseksi ja maanpaineanturit tunnelin vierellä. (Ramboll, 2005b)



Kuva 19. Cröbern, suotovesien keräysputket viettävät sekä kaatopaikan keskustassa sijaitsevaan huoltotunneliin että kaatopaikan reunoilla sijaiseville kokoojalinjoiille (ZAW, 2005).



Kuva 20. Cröbern, havainnekuva huoltotunnelin poikkileikkauksesta (ZAW, 2005).

Rakennusaikaisen valokuvan mukaan (kuva 21) ainakin tunnelin vierellä suotovesiputket ovat profiloituja. Mahdollisesti profiloitua putkea on käytetty tunneliin liittäessä joustavana elementtinä (siirtymärakenteena) putkien ja tunnelin erisuuruisten painumien varalle. Kuvassa 22 on esitetty huoltotunneli sisältä.

Varausputken ulkopuolelle on asennettu noin $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$ kokoinen HDPE-levy (kts. kuva 21), johon on hitsattu kiinni muhvi, johon profiloitu putki on yhdistetty. Varausputken ja suotovesiputken väli on tiivistetty kumieristeellä, joka osaltaan mahdollistaa putkien ja tunnelin erisuuruiset painumat.



Kuva 21. Cröbern, suotovesiputken liitos huoltotunneliin (ZAW, 2005).



Kuva 22. Cröbern, näkymä huoltotunnelin sisältä (Ramboll, 2005b).

Salaojaputket huuhdellaan tarkoitukseen rakennetulla painevesihuuhtelulaitteella. Tunnelissa ei ole ilmanvaihtoputkia, vaan puhallin tunnelin toisessa päässä. Koska kyseessä ei ole vakituinen työpaikka vaan suotovesien keräilyjärjestelmä ja geoteknisten mittalaitteiden havainnointipaikka, on ilmastoinnin tehokkuudesta voitu tinkiä. Tunnelissa on sekä hälytysäänellä että hälytysvalolla varustetut kaasuvaroitusjärjestelmät. Tunnelin kaikki sähkölaitteet ovat EX-suojattuja. (Ramboll, 2005b)

4.3.6 Zentraldeponie Eiterköpfe, Saksa

Yleistiedot

Vanhaan laavakiviavokaivokseen rakennettu Eiterköpfen kaatopaikka on aloittanut toimintansa vuonna 1984, ja sinne toimitetaan pääasiassa Koblenzin kaupungin ja sen lähialueiden noin 460 000 asukkaan yhdyskuntajätteet. Jätetäyttö on aloitettu vuonna 1984, ja sen kokonaispinta-ala on 39 ha. Kaatopaikan täyttötilavuus on noin 12,5 milj. m³. Jätetäytön alapinta on noin 40 m maanpinnan tason alapuolella, ja valmiin jätetäytön yläpinnan suunnitellaan olevan 40 m maanpinnan tason yläpuolella. (YTV 2001)

Kuvassa 23 on esitetty kuva huoltotunnelista rakennusvaiheessa avolouhoksen pohjalle.



Kuva 23. Eiterköpfe, tunnelia rakennetaan vanhan laavakivilouhoksen pohjalle, keskellä pumppaamo (Krampen 2004b).

Kaatopaikan pohjarakenne on toteutettu taulukossa 7 esitetyin rakennekerroksin.

Taulukko 7. Pohjarakenteet. Tiivistysrakenne ei sisällä tarkkailukerrosta.

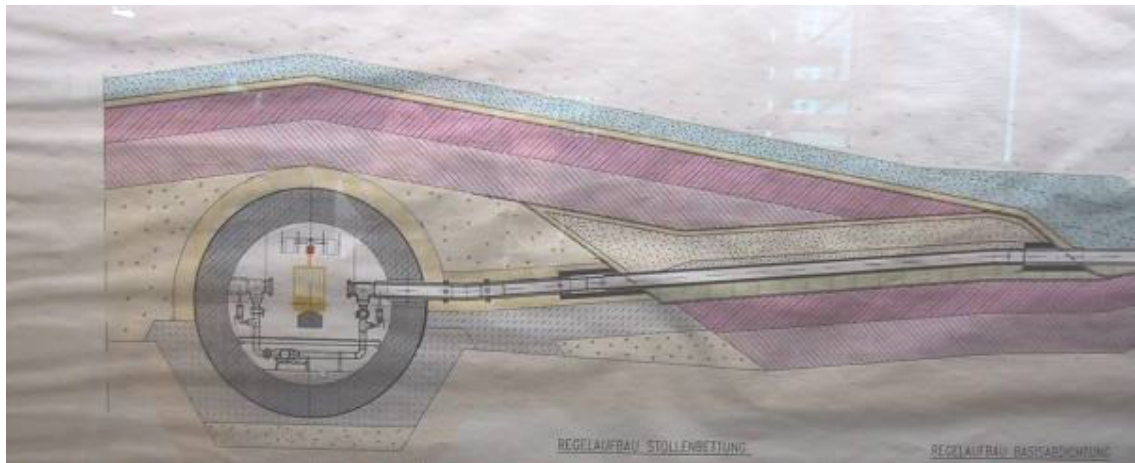
-	Kuivatuskerros	500 mm
-	Geotekstiili	
-	Hiekkakerros	150 mm
-	Geotekstiili	
-	Kalvo	2,5 mm
-	Mineraalinen tiivistyskerros (kaolinitic-illitic layer)	750 mm
-	Mineraalinen tiivistyskerros (montmorillonite layer)	1000 mm
-	Tasauskerros	-

Huoltotunneli

Uudemmalle täyttöalueelle on rakennettu riittävän tilava huoltotunneli, josta sekä kaasun- että suotovesienkeräysjärjestelmän putket voidaan tarkastaa ja huoltaa. Tunnelia käytetään tiukkojen kaivosnormien mukaisesti. Tunnelin kokonaisinvestointi on 55 milj. DM, eli noin 28 milj. € (noin 23500 €/m). Mittavan investoinnin arvioidaan kuitenkin kannattavan, sillä kuvatulla ratkaisulla voidaan lisätä loppusijoitettavan jätteen määrää 3 milj. m³ verrattuna tapaukseen, jossa järjestelmien huolto olisi tehty aikaisemman tekniikan mukaisesti kaivon kautta. (YTV, 2001)

Huoltotunnelin poikkileikkaus on pyöreä, sen sisähalkaisija on neljä metriä. Seinämävahvuus suorilla osuuksilla on 800 mm ja mutka- ja risteyspaikoissa keskimäärin yksi metri. Tunneli on toteutettu kymmenen metrin pituisissa jaksoissa, joiden väleissä on normaalit liikuntasaumot.

Tunneli koostuu 3 haarasta, ja sen kokonaispituus on valmiina noin 1,2 km. Toistaiseksi tunnelista on rakennettu 320 m ja 570 m pitkät haarat. Kolmas haara (noin 310 m) rakennetaan, jos kaatopaikan laajennusalue otetaan käyttöön. Tunnelin mitoituksessa jätetäytölle on käytetty tilavuuspainona arvoa 15 kN/m^3 ja paksuutena 80 m. Tunneliin kohdistuvaksi vaakakuormaksi on oletettu puolet pystykuorman arvosta. Kuvassa 24 on esitetty Eiterköpfen huoltotunnelin poikkileikkaus.



Kuva 24. Eiterköpfe, huoltotunnelin poikkileikkaus (YTV, 2001).

Suotovesiputket ja huolto

Suotovesiputket johdetaan pohjan tiivistyskerroksen läpi erillisellä HDPE:stä valmistetulla liitoselementillä, joka muodostuu putken ympärille asennetusta murskeella täytetystä kalvopussista. Ilmeisesti kalvopussin sisäpuolisen murskekerroksen tarkoituksena on toimia putken ympärillä putkea tukevana jäykkänä rakenteena, koska mineraalisen tiivistyskerroksen kuorman alla konsolidoituva ja kokoonpuristuva savi ei muodosta riittävän tukevaa kerrosta putken ympärille. (Ramboll, 2005b)

Liitoselementin avulla suotovesiputki johdetaan umpinaisen metalliputken sisälle, jota pitkin se johdetaan huoltotunneliin. Suotovesiputken ja metallisen putken väliin jäävä tyhjä tila mahdollistaa tiivistyskerroksen lävistys-elementin toiminnan tarkkailun. Mikäli liitoselementin ja kalvon väliin tulisi vuoto, ohjautuisi vuotava suotovesi suotovesiputken ja metallisen putken välissä tunneliin, josta vuoto voitaisiin havaita. Mahdollinen vuotaminen on ennakoitu asentamalla rakennusvaiheessa suotovesiputken ja metallisen putken väliin injektointiputkia, joilla vuoto voitaisiin tukkia. Injektointi

voidaan suorittaa vain kerran. Kuvassa 25 on esitetty metallisen suojaputken, suotovesiputken ja injektointiputkien asennusvaihe.



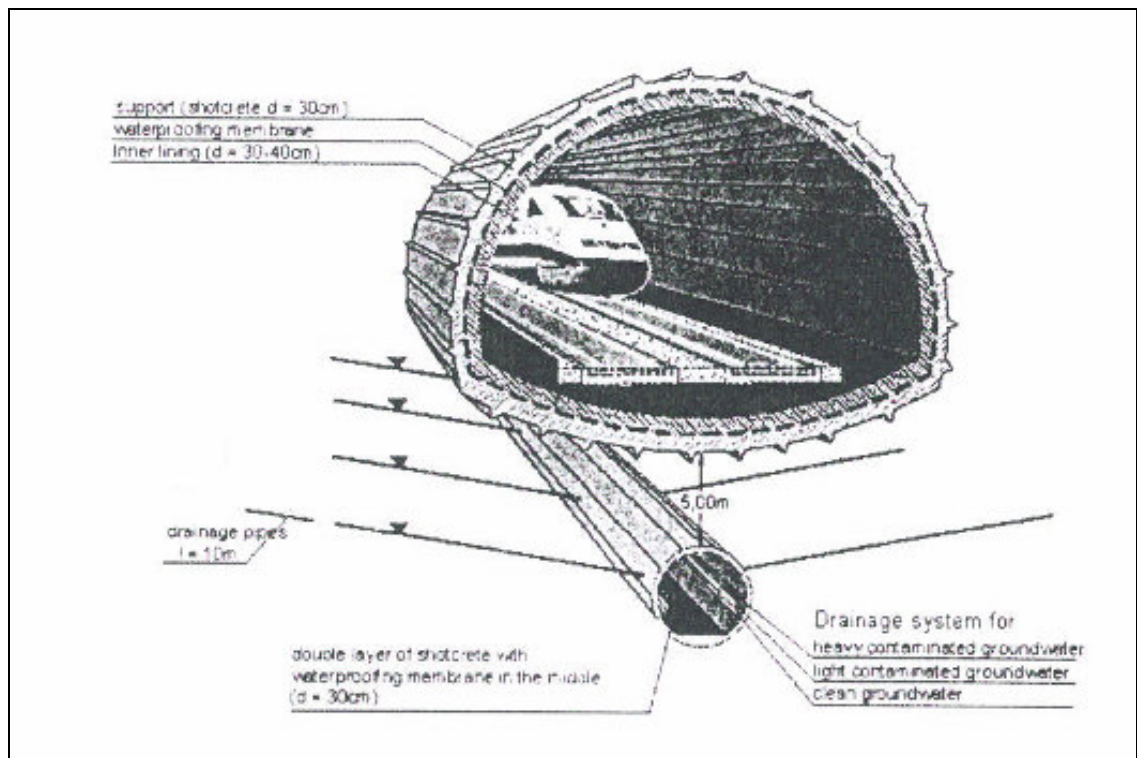
Kuva 25. Eiterköpfe, suotovesiputkien liitos huoltotunneliin rakenteilla (Krampen, 2004b).

Tunnelissa liikennöidään erityisellä kattoon ripustetulla huoltojunalla. Huoltojunan tarkoituksena on helpottaa suotovesiputkien huollossa tarvittavan kaluston ja huoltohenkilökunnan kuljetusta huoltokohteelle. Huoltojunan kulkua kontrolloidaan tunnelin sisäänkäynnin yhteyteen rakennetusta valvomosta ja kannettavalla ohjausyksiköllä. Huoltojunan mukana kulkee suotovesiputkien painehuuhtelulaite. Pistemäistä ilmastointilaitetta kaatopaikkakaasujen konsentraation pienentämiseksi tunnelissa siirretään suotovesiputkelta toiselle huoltotoimien aikana. Huoltotunnelissa on tehostettu ilmastointi huoltotoimien ajan. Ilmastointi puhalttaa huoltotunnelin pääsisäänkäynnistä tunneliin raitista ilmaa, joka poistuu kummankin tunnelihaaran päistä. Huoltojunan sijoittelu tunnelissa on esitetty kuvassa 24.

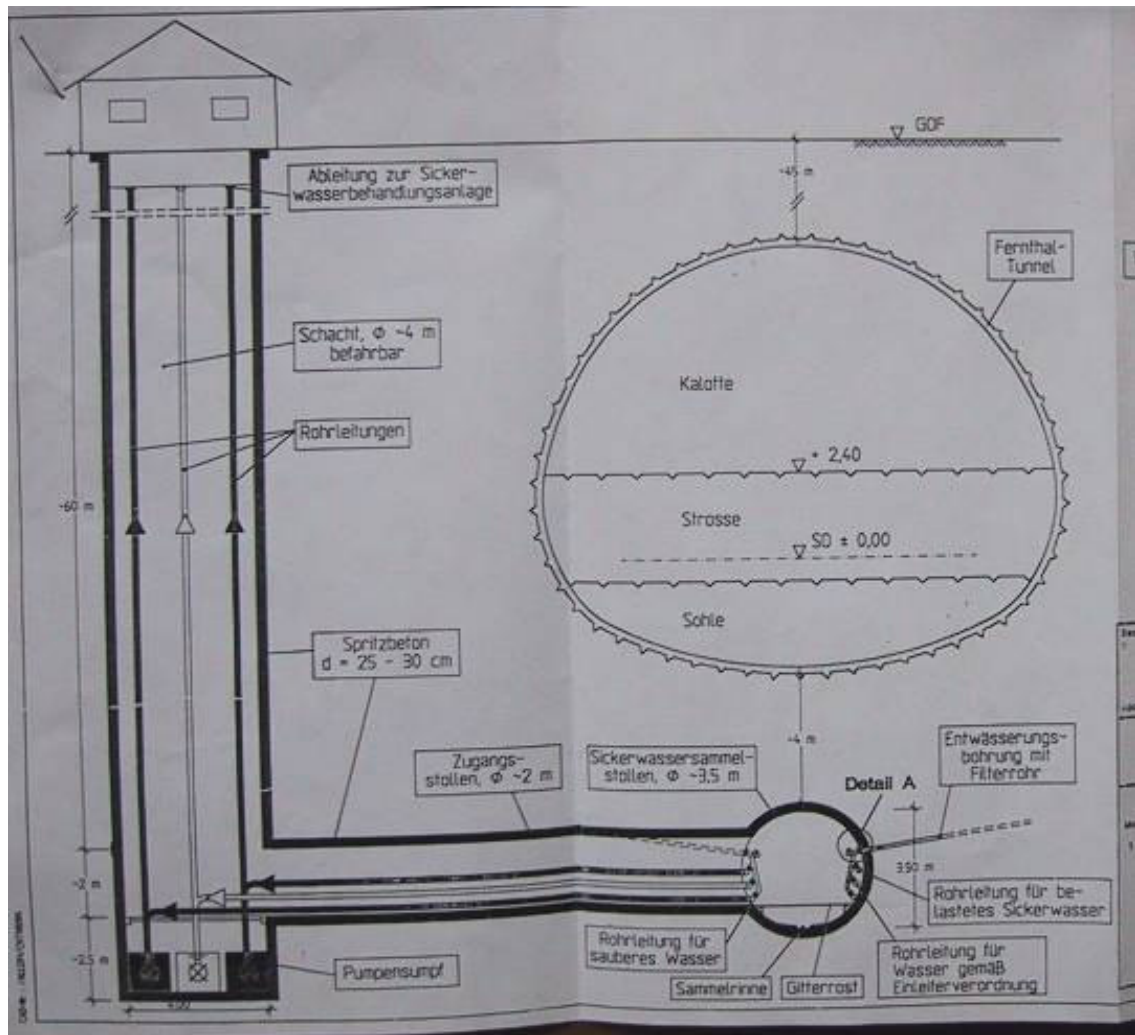
Tunnelissa on otettu turvallisuus huomioon erityisen tarkasti. Alue on kokonaisuudessaan valvottu televisiokameroihin, ja kaikki sen sähkölaitteet ovat EX-suojattuja. (Krampen, 2005b)

4.3.7 Deponie Fernthal, Saksa

Fernthalin kaatopaikan erikoisuutena on se, että noin 40 m jätetäytön alle rakennettiin rautatietunneli jätteen läjityksen jälkeen. Ennen rautatietunnelin rakentamista on sen alapuolelle tehty toinen pienempi tunneli kaatopaikan suoto- ja pohjavesien hallitsemiseksi. Huoltotunneli rakennettiin jo toimintansa lopettaneen kaatopaikan alle rautatietunnelin rakentamisen yhteydessä estämään pohjaveden saastuminen jatkossa. Fernthalin kaatopaikka oli käytössä 1977-1995. Tunneli rakennettiin 1999-2001 ja on kokonaisuudessaan 1,5 km pitkä, ja siitä noin 380 m kulkee kaatopaikan alla. Fernthal sijaitsee Westerwaldin alueella Rheinland-Pfalzin maakunnassa (YTV:n edustajat vierailivat kaatopaikalla vuonna 2001). Kuvissa 26 ja 27 on esitetty tunneliratkaisun periaatteet.



Kuva 26. Fernthal, rautatietunneli ja kaatopaikan suotovesitunneli. (Scherbeck, 2001)



Kuva 27. Fernthal, suotovesi- ja rautatietunnelin poikkileikkaus huoltokuilun kohdalla. (YTV, 2001)

4.3.8 Deponie Kahlenberg, Saksa

Yleistiedot

Kahlenbergin kaatopaikka on Etelä-Saksassa Baden-Württembergin läänissä noin 100 km Stuttgartista lounaaseen Ringsheimin kaupungin ulkopuolella. Alueelle perustettiin jätehuollon yhteenliittymä vuonna 1971 (Zweckverband Abfallbeseitigung Kahlenberg, ZAK). Yhteenliittymä perusti Kahlenbergin kaatopaikan 1973 ja laajensi kaatopaikkaa vanhan avolouhoksen alueelle vuonna 1984. Laajennusalueelle rakennettiin suotovesitunneli 1984. Kaatopaikka-alueen kokonaispinta-ala on noin 100 ha (Ramboll, 2005a).

Huoltotunneli

Huoltotunneli perustettiin keskikohdaltaan avolouhoksen pohjalle vanhan rautamalmipaljastuman päälle. Huoltotunnelin molemmat päät on perustettu noin kaksi metriä paksun soratäytön varaan. Soratäyttö on rakennettu louhoksen toiminnan yhteydessä syntyneen epähomogeenisen täytön päälle. Huoltotunnelin saneeraustarve

ilmeni, kun tunnelin keskiosa alkoi halkeilla johtuen päiden jopa 24 senttimetrin painumista. Huoltotunneli korjattiin vuonna 2002 käyttäen mikropaaluja. (Brunner, 2005).

Huoltotunneli yhtyy toisesta päästään vanhaan kaivostunneliin ja toinen pää nousee maanpintaan. Huoltotunnelista on maanpinnalle noin 40 metriä korkea pystykuilu, jota pitkin suotovesi pumpataan jatkokäsittelyyn. Huoltotunnelin pituus on kokonaisuudessaan noin 400 metriä. (Ramboll, 2005a)

Kahlenbergin huoltotunnelin poikkileikkaus on muodoltaan neliö, jonka sisäpinnalta nurkat on viistetty. Huoltotunneli muistuttaa ulkoisesti kaivostunnelia. Näkymä huoltotunnelin sisältä on esitetty kuvassa 28.



Kuva 28. Kahlenberg, yleiskuva huoltotunnelin sisältä (Ramboll, 2005a).

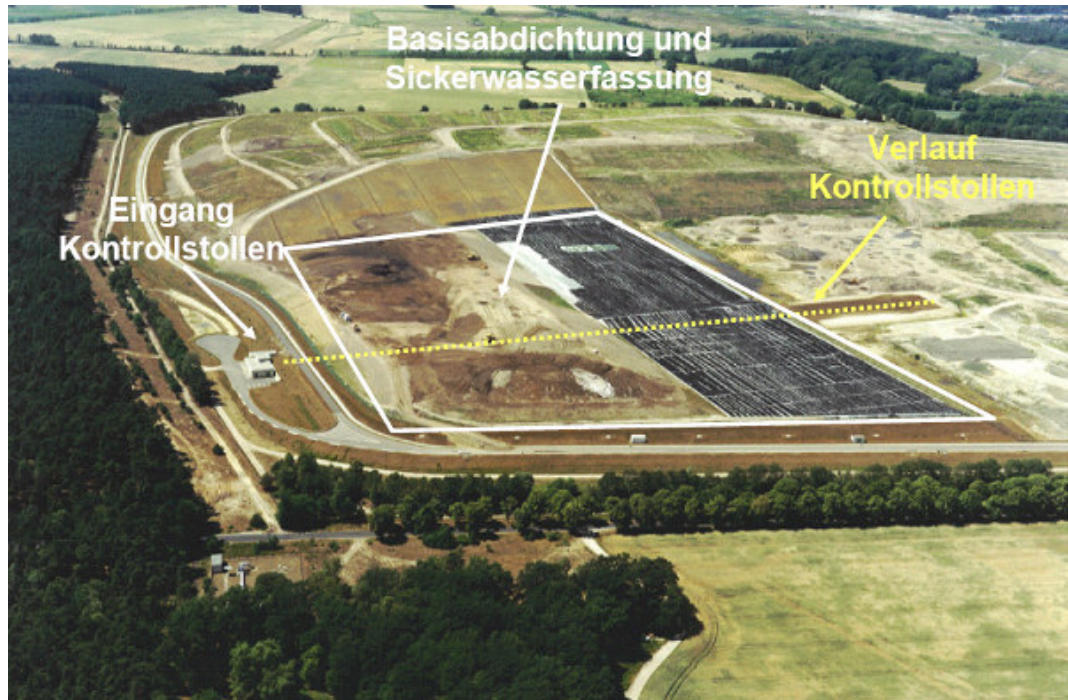
4.3.9 Entsorgungszentrum Schöneiche, Saksa

Yleistiedot

Entsorgungszentrum Schöneiche on jätteenkäsittelykeskus, joka sijaitsee aivan Berliinin maakunnan etelärajan tuntumassa Brandenburgin puolella noin 18 km Berliinistä etelään. Schöneichen kaatopaikka aloitti toimintansa vuonna 1977 aluksi yhdyskuntajätteen kaatopaikkana. Myöhemmin paikka on laajentunut ja muun muassa vuonna 1989 Schöneichen kaatopaikalla otettiin käyttöön ongelmajätteen polttolaitos.

Uuden laajennusalueen pohjarakenteiden rakentaminen aloitettiin vuonna 1996 ja vuonna 1998 valmistui Schöneichen kaatopaikan huoltotunneli. (Ramboll, 2005b)

Nykyään kaatopaikkaa hallitsee MEAB, Märkische Entsorgungsanlagenbetriebs-gesellschaft mbH. Kuvassa 29 on esitetty ilmakeu Schöneichen jätteen-käsittelykeskuksesta ja huoltotunnelin sijainti. (Stopat, 2005)



Kuva 29. Schöneiche, yleiskuva huoltotunnelin sijainnista kaatopaikalla. (Stopat, 2005).

Kaatopaikka-alueen kokonaispinta-ala on 137 ha, josta pohjaeristeet ovat 11 ha alueella jätteen loppusijoitusta varten. Schöneichen kaatopaikan kokonaistilavuus on noin 10 milj. m³. Schöneichen jätteenkäsittelykeskus ottaa vuosittain vastaan noin 1,5 milj. tonnia jätettä. (<http://www.meab.de>, 2005) Jätetäyttöalueen laajuuden takia (noin 700 m × 250...500 m ≈ n. 30 ha) alueelle on rakennettu huoltotunneli. Kaatopaikka sijaitsee rinteessä, jossa kahdella sivulla leikkauksen syvyys on 30...35 m ja vastakkaisille sivuille on rakennettu alle 5 m korkea reunapenger. Taulukossa 8 on esitetty kaatopaikan pohjan tiivistysrakenne.

Taulukko 8. Schöneiche, Pohjarakenteet.

-	Kuivatuskerros	500 mm
-	Kalvo	2,5 mm
-	Mineraalinen tiivistyskerros (3 × 250 m)	750 mm
-	Geotekstiili	-
-	Tasauskerros	

Huoltotunneli

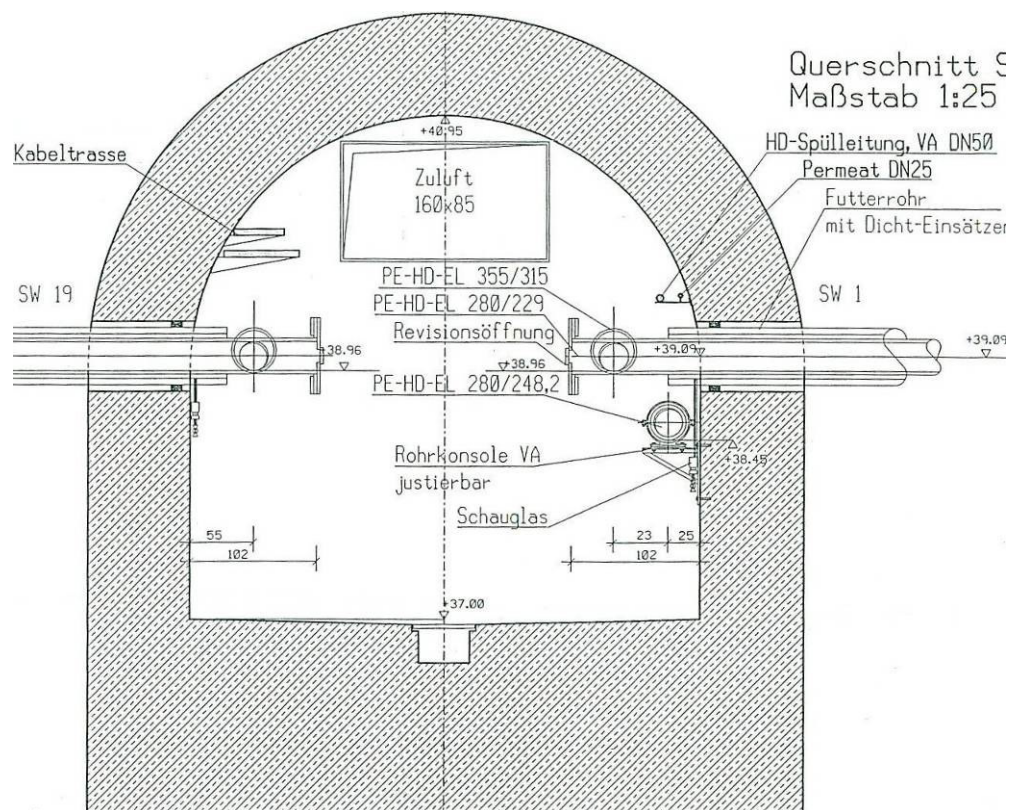
Suotovesien keräysjärjestelmän sisältävän huoltotunnelin ensimmäinen 412 m pitkä osuus rakennettiin kaatopaikan laajennuksen yhteydessä 1998. Tunnelin toinen vaihe, jonka pituus on ilmeisesti 328 m, on parhaillaan rakenteilla. Tunnelin suunniteltu

kokonaispituus on 740 m. (Stopat, 2005)

Tunnelin sisäleveys on 4,0 m ja korkeus 3,95 m. Tunnelin laskennallinen painuma on 0,25 m. Tunnelin päälle on tulossa 50 m paksu jätetäyttö. Tunnelin rakennemitoituksessa jätteen tilavuuspainona on ollut 15 kN/m^3 . Tunneli on muodoltaan holvimainen ja holvin seinämäpaksuus on 0,8 m. Tunnelin pohjan paksuus on 1,5 m. Betonirakenteen liikuntasaumaväli on 10 m. Tunnelin ensimmäisen vaiheen betonirakenteiden rakentamiskustannuksiksi ilmoitettiin 8 000 000 € eli noin 20 000 €/m. Tunneli sijaitsee kaatopaikan pohjan tiivistysrakenteen alapuolella. (MEAB, 2005)

Salaojaputket huuhdellaan kaksi kertaa vuodessa tarkoitukseen rakennetulla kumipyöräalustaisella huuhtelulaitteella. Tunnelin ilma vaihtuu viisi kertaa 60 minuutin aikana eikä kaasuongemia ole havaittu. Tunnelissa on sekä hälytysäänellä että hälytysvalolla varustetut kaasuvaroitusjärjestelmät. Kaikki sähkölaitteet ovat EX-suojattuja. (Stopat, 2005)

Kuvassa 30 on esitetty huoltotunnelin poikkileikkaus.



Kuva 30. Schöneiche, huoltotunneli sisältä (Stopat, 2005).

4.3.10 Deponie Wirmsthal, Saksa

Yleistietoja

Wirmsthalin kaatopaikka on perustettu 1989, jolloin kaatopaikka toimi yhdyskunta- ja teollisuusjätteen loppusijoituspaikkana. Lakimuutosten myötä teollisuus on määrätty vastaamaan omista jätteistään, joten Wirmsthaliin päätyvä jäte on pääasiassa kotitalousjätettä. Kaatopaikka sijaitsee vanhan, vuosina 1976...89 käytössä olleen kaatopaikan Deponie Arnshausenin vieressä. Kaatopaikka on perustettu vanhaan kalkkikiviavolouhokseen, jonka syvyys ympäröivään maanpintaan nähden on noin 70 metriä. Wirmsthalin kaatopaikka-alueen pinta-ala on 6,5 ha. (Ramboll, 2005b)

Kaatopaikan pohjarakenteiden rakennusvaiheessa noin puolet kaatopaikasta oli katettu teräspaaluille perustetulla teräksisellä katteella toimimaan rakennusaikaisena suojana ja estämään kaatopaikan pohjan liettyminen. Sittenkin katetta on käytetty kulloinkin täyttövaiheessa olevan lohkon kohdalla estämään sadevesien kontaminoituminen suotovedeksi. (Ramboll, 2005b)

Taulukossa 9 on esitetty kaatopaikan pohjan tiivistysrakenne.

Taulukko 9. Wirmsthal, Pohjarakenteet.

-	Kuivatuskerros	400 mm
-	Geotekstiili	
-	Mineraalinen tiivistyskerros ($4 \times 250 \text{ mm}$, $k_f \leq 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$)	1000 mm
-	Geotekstiili	
-	Tarkkailukerros	500 mm
-	Geotekstiili	
-	Mineraalinen tiivistyskerros ($2 \times 250 \text{ mm}$, $k_f \leq 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$)	500 mm
-	tasauskerros	> 500 mm
-	Geotekstiili	
-	Pohjamaa / -rakenne	

Huoltotunneli

Huoltotunneli rakennettiin kaatopaikan laajennuksen yhteydessä vuonna 1996. Betonitunneli on noin 240 m pitkä ja sisältää suotovesien keräysjärjestelmän ja turvallisuusjärjestelmät. Tunneli jatkuu kalliotunnelina viereisen mäen läpi. Kalliotunnelin pituus on noin 350 metriä ja se toimii eri putkistojen kuljetusreitteinä varsinaisen huoltotunnelin ja vesienkäsittelylaitaiden välillä. Yhteensä tunnelin pituus on 590 m. (Ramboll, 2005b)

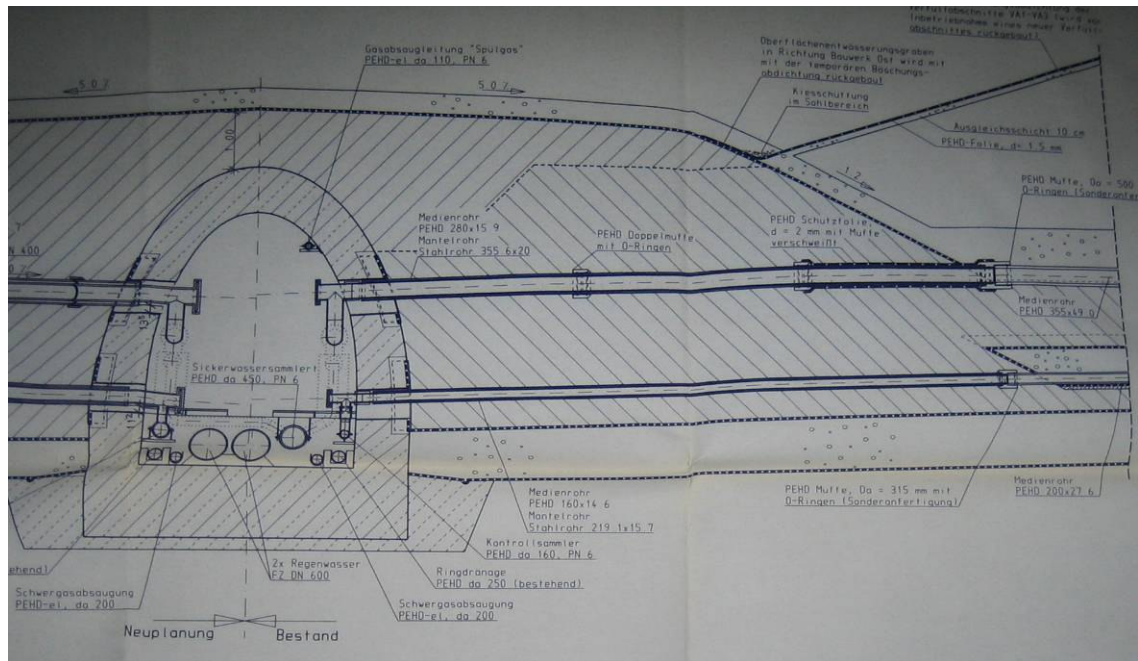
Huoltotunnelin sisäleveys on 3,5 m ja korkeus 4,55 m. Suunniteltu täyttöpaksuus tunnelin päällä on n. 60...80 m (arvio). Tunnelin mitoituksessa jätteen tilavuuspainona on käytetty 15 kN/m^3 . Tunneli on muodoltaan holvimainen ja holvin paksuus on 0,8 m. Tunnelin pohjan paksuus on 1,2 m ja seinän paksuus tunnelin pohjalla 0,9 m. Betonirakenteen liikuntasaumaväli on 10 m. (Ramboll, 2005b)

Kaatopaikan pohjalla kuivatuskerroksessa sijaitsevat HDPE materiaalista valmistetut

suotovesiputket. Suotovesiputket ja tarkkailusalaajat on johdettu tunnelin ylittävän mineraalisen tiivistyskerroksen läpi ruostumattomasta teräksestä valmistettujen siirtymäputkien läpi. Teräsputkien jatkokset ovat muhviilitoksia, jotka sallivat pieniä liikkeitä. Suotovesisalaajien pituus vaihtelee välillä 80...160 metriä. Suotovesiputket huuhdellaan neljä kertaa vuodessa tarkoitukseen rakennetulla huuhtelulaitteella. (Ramboll, 2005b)

Suotovesiputkista otetaan päivittäin näytteet ja mitataan vuorokauden aikana suotautunut vesimäärä. Veden imeytystä kasaan pinnalta ohjataan mitattujen suotovesimäärien perusteella. Tarkka seuranta perustellaan hyvän kaasuntuotannon kontrolloimiseksi.

Kuvissa 31 ja 32 on esitetty huoltotunnelin holvimainen profiili ja näkymä huoltotunnelin sisältä.



Kuva 31. Wurmsthal, huoltotunnelin poikkileikkaus. (Ramboll, 2005b)



Kuva 32. Wirmsthal, huoltotunneli sisältä (Ramboll, 2005b).

4.4 ITÄVALTA, SIGGERWIESEN

4.4.1 Deponie Siggerwiesen, Itävalta

Itävaltaan rakennetuista huoltotunneleista on tiedossa yksi, joka sijaitsee Siggerwiesenin kaatopaikalla. Kuvassa 33 on esitetty Itävallan kartta ja Siggerwiesenin kaatopaikan likimääräinen sijainti.

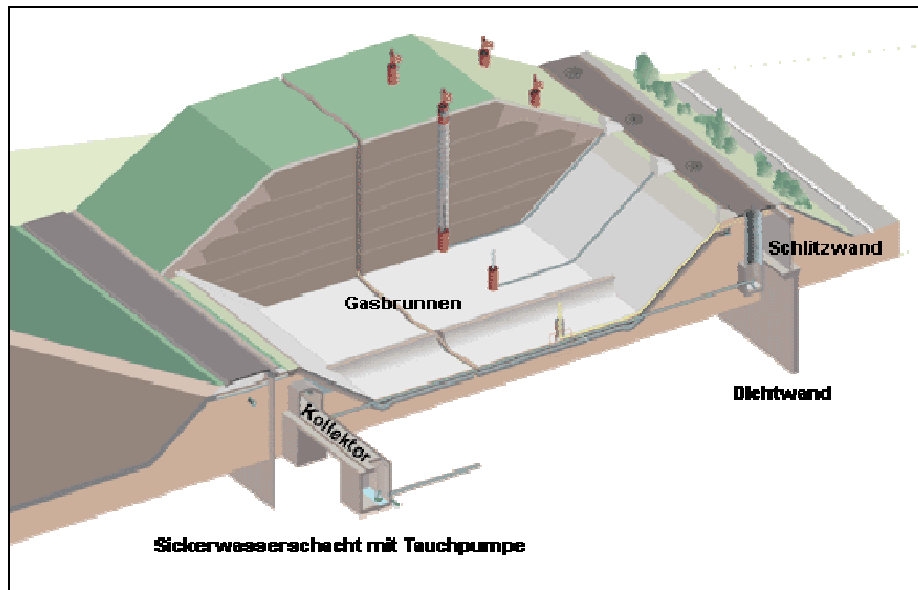


Kuva 33. Itävalta. Kartalla on esitetty Siggerwiesenin kaatopaikan likimääräinen sijainti.

Siggerwiesenin kaatopaikan käyttöorganisaatio on ”Salzburger Abfallbeseitigung GmbH”. Salzburger Abfallbeseitigung GmbH on Salzburgin kunnallisen jätevedenpuhdistamon omistama osakeyhtiö, joka hoitaa Salzburgin alueen jätehuoltoa sekä keräyksen että käsittelyn osalta. (YTV, 2001)

Siggerwiesenin kaatopaikka koostuu uudesta ja vanhasta osasta. Vanha osa kattaa noin 10 ha alueen ja oli käytössä noin 15 vuotta, kunnes se suljettiin vuonna 1996. Uuden käytössä olevan täyttöalueen kokonaispinta-ala on 10 ha ja sen kokonaiskapasiteetti 2 milj. m³. Pohjavesien suojaamiseksi kaatopaikka on kauttaaltaan ympäröity tiiviillä noin 15 m korkealla betoniseinällä, joka on pääasiassa alkuperäisen maanpinnan alapuolella. (YTV, 2001)

Käytössä olevan jätetäyttöalueen vanhan kaatopaikan puoleisella sivulla on tarkastus- ja huoltotunneli suotoveden ja pohjaveden tarkkailua ja suotovesisalaojien huoltoa varten. Kuvassa 34 on esitetty Siggerwiesenin kaatopaikan poikkileikkaus. Kuvassa 34 vanha jätetäyttö näkyy vasemmassa reunassa. Vastapäisen sivun suotovesiviemärien huolto tehdään tiivistyspenkkaan sijoitetuista erillisistä kaivoista (kuvan 34 oikean reunan kaivot). Myöhemmässä vaiheessa tunnelin päälle läjitetään jätettä noin 30 metriä. (YTV, 2001). Kuvassa 35 on esitetty yleisnäkymä huoltotunnelin putkistoista.



Kuva 34. Siggerwiesen, poikkileikkaus kaatopaikasta (<http://www.rhv-sab.at/sab>, 2005). Sickerwasserschacht mit Tauchpumpe = suotovesikaivo, jossa uppopumppu; Dichtwand = eristysseinä; Schlitzwand = erotus-/tuki(?)seinä.

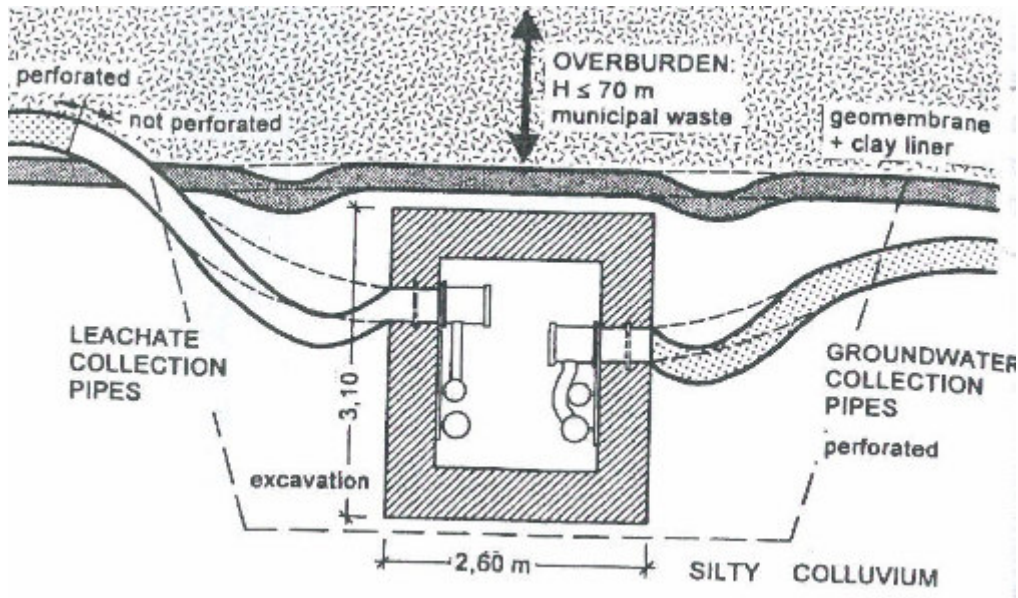


Kuva 35. Siggerwiesen, kaasun- ja suotoveden keräysputkia huoltotunnelissa (YTV, 2001).

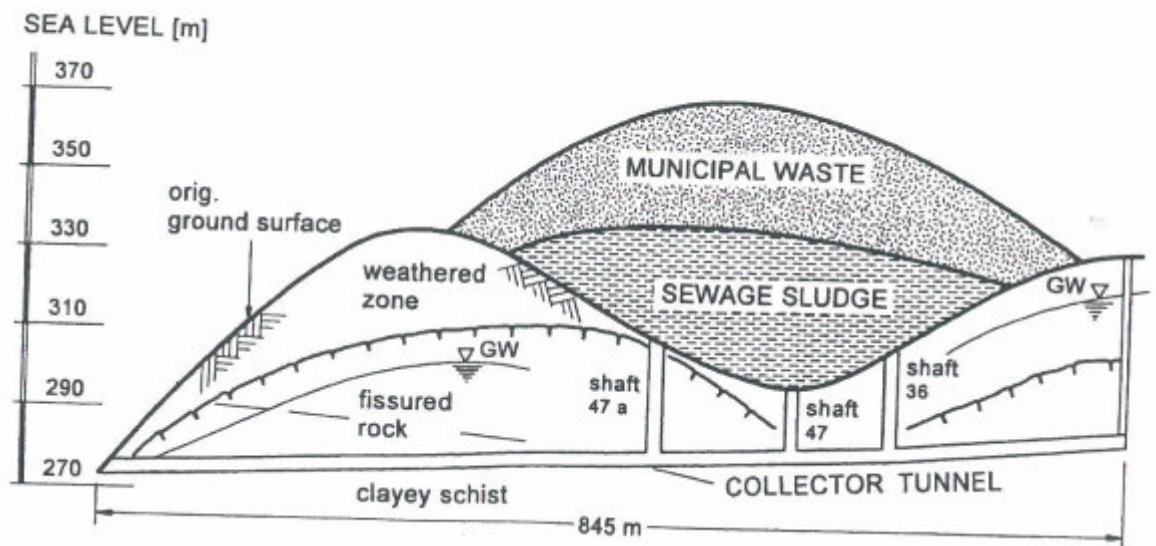
4.4.2 Muut Itävallan kohteet

Brandl (2000) on kirjoittanut artikkelin ”Stability and failures of landfills”, joka käsittelee muun muassa yhden huoltotunnelin liitosputkien vaurioitumista. Vaurioitumisen syynä lienee pohjamaan huono tiivistäminen. Artikkelissa käsitellään

kuvan 36 huoltotunnelia. Tunnelin sijainnin ja muiden lisätietojen saamiseksi Brandlille lähetettiin tiedustelukirje, johon ei saatu tiedusteluista huolimatta vastausta. Kuvassa 37 on esitetty toinen Brandlin (2000) mainitsema huoltotunneli, jota ei ole pystytty identifioimaan.



Kuva 36. Huoltotunnelin liitosputkien vaurioituminen. Syynä lienee putkien alapuolisen täytön painuminen huonon tiivistyksen seurauksena (Brandl, 2000).



Kuva 37. Toinen Brandlin mainitsema huoltotunneli, jota toistaiseksi ei ole pystytty identifioimaan (Brandl, 2000).

4.5 MUU EUROOPPA JA YHTEENVETO KOHTEISTA

Mualla Euroopassa huoltotunneleita ei tiettävästi ole rakennettu. Ruotsin, Norjan ja Tanskan tilanne selvitettiin Rambollin sisäisellä kyselyllä. Ranskaan ja Italiaan lähetettiin kirjeet Sardinian kansainvälisen jätehuolto- ja kaatopaikkasymposiumin teknisestä komiteasta valituille henkilöille.

Iso-Britanniassa ei ilmeisesti ole huoltotunneleita kaatopaikoilla. Asiasta laitettiin kysely yleiselle keskustelupalstalle, joka käsittelee pääasiassa suotovesien käsittelyä, mutta myös keräämistä. Keskustelufoorumin nimi on Leachate Forum ja se on löydettävissä www-osoitteesta http://www.leachate.co.uk/html/leachate_forum.html. Keskustelufoorumia ylläpitää ja sponsoroi Enviros Consulting, joka on johtava suotovesijärjestelmien suunnittelija Isossa Britanniassa. Enviros Consultingille lähetettiin myös kysely keskustelu- ja palautepalstan kautta. Kysymys huoltotunneleista herätti jonkin verran kiinnostusta ja 14.6.2005 mennessä kysymys oli luettu 33 kertaa ja sai 3 vastausta. Vastaja oli joka kerralla sama henkilö, eikä hän tiennyt Iso-Britanniassa toteutetuista huoltotunneleista.

Taulukkoon 10 on koottu tunnetut kohteet ja niiden tietoja.

Taulukko 10. Yhteenveto tiedossa olevista huoltotunneleista ja niiden ominaisuuksista. (Ramboll, 2005a)

Kohde	Tunnelin leveys / korkeus	Seinämän paksuus	Tunnelin muoto	Tunnelin pituus, m	Kustannukset valmistumisvuonna; valmistumisvuosi
Landgraaf, Hollanti	3 m / 3m (sisämitat)	~0,8 m	kulmikas, yläosasta viistetty	410	? Rakennettu kahdessa osassa; 1994 (n. 240 m) ja -99 (n. 160 m)
Schinnen, Hollanti	2 m / 2m (sisämitat)	~0,5 m	kaari	400	? 80-luvun loppu... 90-luvun alku
Spinder, Hollanti	3,1m / 3,1m (sisämitat)	~1 m	kulmikas, yläosasta viistetty	380	noin 33000 €/m (sis. järjestelmät) 1997
AHSK, Saksa	?	?	?	360	?
Aurach, Saksa	?	?	?	?	?
Aussernzell, Saksa	4 m / 4,5 m	?	suorakaide, toinen yläkulma viistetty	360	noin 28000 €/m (sis. järjestelmät) 1994
Cröbern, Saksa	n. 3 m / 3 m	?	suorakaide	900	? noin 2005
Eiterköpfe, Saksa	Ø = 4,0 m	0,8 m ja 1,0 m	pyöreä	1200	noin 23500 €/m (sis. järjestelmät) ?
Fernthal, Saksa	Ø = 3,5 m	kalliotunneli, ruiskubeto- noitu	pyöreä	1500/ 380*	? 2001
Kahlenberg, Saksa	?	?	neliö / oktaedri	400	? 1984 / 2002
Schöneiche, Saksa	?	?	kaari	400	? 1998
Wirmsthal, Saksa	5,1m / 6,5m (ulkomitat)	0,8 m	kaari	240	? 1996
Deponie Siggerwiesen, Itävalta	≈ 2,5 m ? / ≈ 2,5+2,5m?	?	suorakaide, toinen yläkulma viistetty	?	?

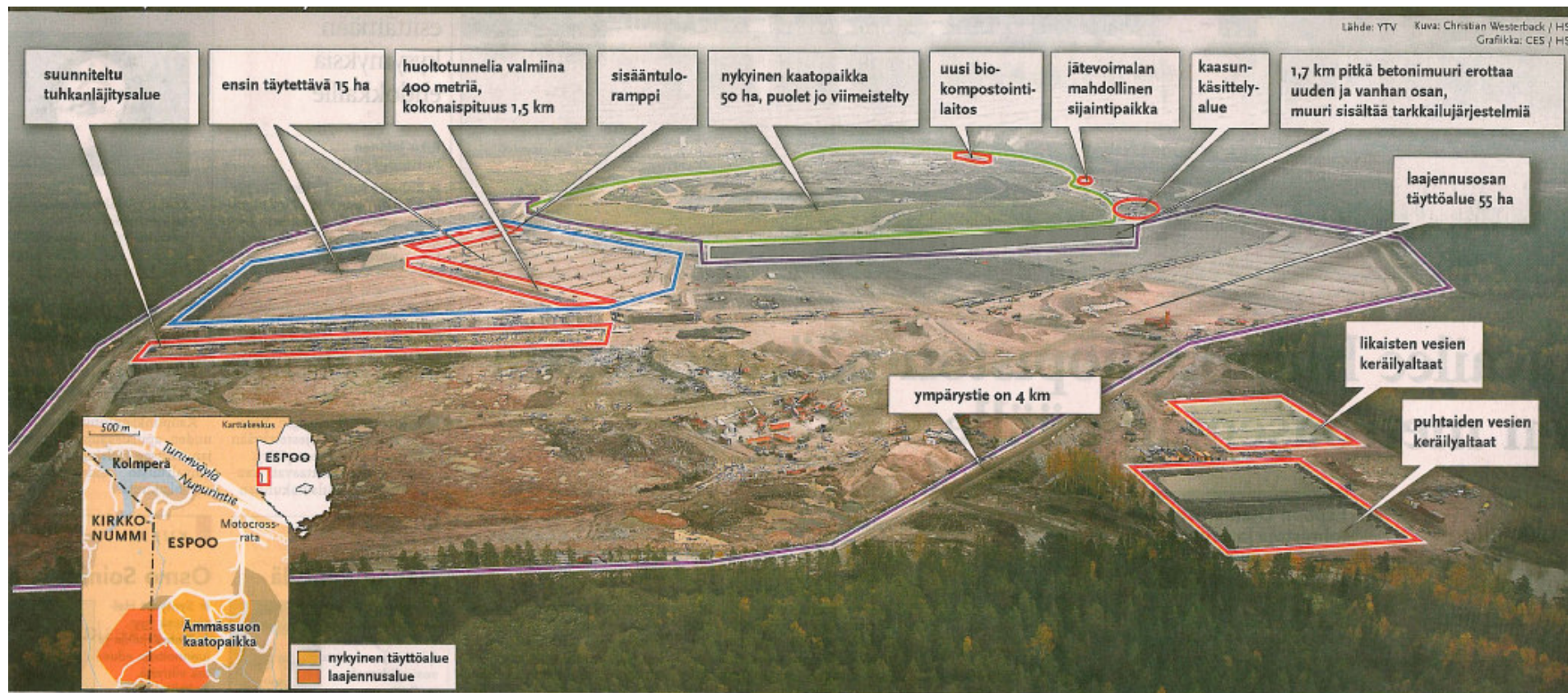
5 ÄMMÄSSUON JÄTTEENKÄSITTELYKESKUS

5.1 KESKUKSEN ESITTELY

YTV:n Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus sijaitsee Espoon ja Kirkkonummen rajalla, josta nykyinen täyttöalue (laajennusalue) sijoittuu osittain kummankin kaupungin puolella vanhan täyttöalueen lounais- ja länsipuolelle. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus aloitti toimintansa vuonna 1987. Laajennusalueen louhintatöiden suunnittelu aloitettiin vuonna 1990 ja ensimmäiset louhintatyöt aloitettiin 1992.

Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus on pohjoismaiden suurin jätteenkäsittelykeskus sekä pääkaupunkiseudun ainoa toiminnassa oleva sekajätteen kaatopaikka. Vuonna 2007 Ämmässuon jätteenkäsittelykeskukseen tuotiin erilaisia jätteitä ja saastuneita maa-aineksia noin 850 000 tonnia. Yli puolet jätteistä kierrätetään tai hyödynnetään muilla tavoin. Kaatopaikalle loppusijoitettiin noin 280 000 tonnia sekajätettä. (YTV, 2008)

Tulevaisuudessa loppusijoitettavan sekajätteen määrä voi vähentyä kymmenesosaan nykyisestä, jos YTV:n jätevoimalahanke toteutuu. Jätteenpolttolaitos tuottaa kuitenkin tuhkaa ja kuonaa, joiden sijoittamiseen laajennusalueelle varaudutaan. Tuhkan ja kuonan määrä on noin kolmasosa poltettavan sekajätteen määrästä. Jätteenpolttolaitos on käytössä tämän hetkisen arvion mukaan aikaisintaan vuonna 2012 (Uusihakala, 2008). Kuvassa 38 on esitetty Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toimintojen ja täyttöalueiden sijoittuminen.



Kuva 38. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toimintojen ja täyttöalueiden sijoittuminen, havainnollistava ilmakeku, etualalla laajennusalue. (Helsingin sanomat, 2007)

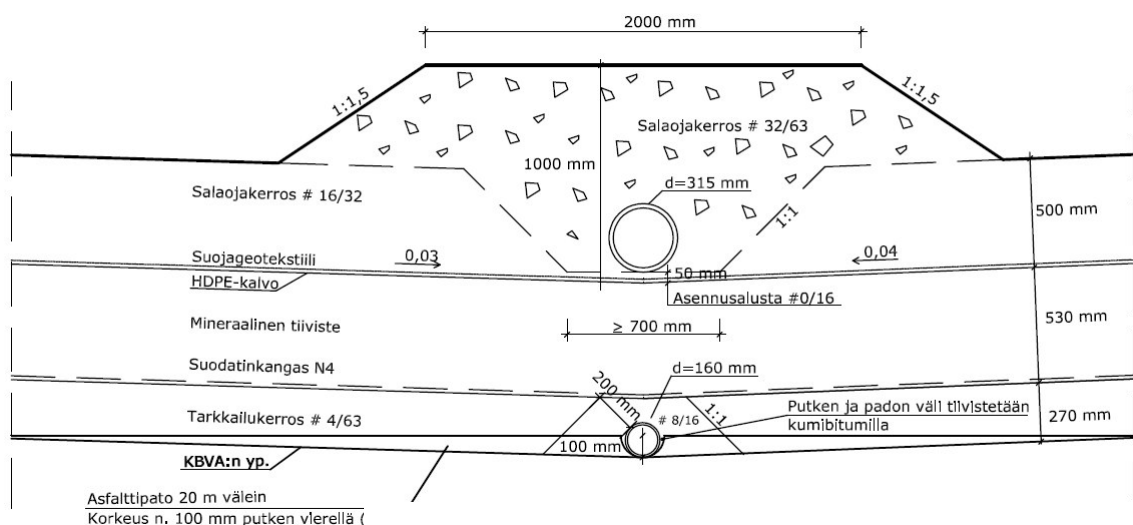
Laajennusalue otettiin käyttöön marraskuussa 2007 saman aikaisesti, kun vanhan jätetäyttöalueen käytöstä luovuttiin pohjarakenteita koskevien määräysten tiukentuessa. Laajennusalueen suunnittelun lähtökohtana on ollut ympäristöhaittojen vähentäminen korkeatasoisten pohjarakenteiden, kaasujen tehostetun keräyksen sekä vesienhallinnan avulla. (Ramboll, 2008a)

Laajennusalueen koko on yhteensä 60 hehtaaria, josta ensimmäiset 12 hehtaaria otettiin käyttöön marraskuussa 2007. Laajennusalueella erityyppiset jätteet pidetään erillään toisistaan ja sijoitetaan omiin soluihinsa. Sekajätealue tulee toimimaan bioreaktorikaatopaikkana, jolloin metaanin tuotantoa pyritään lisäämään suotoveden kierrätyksellä. Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskukselle tulee mahdollisesti myös jätevoimala, jossa poltetaan sekajätettä, joten laajennusalueella varaudutaan vastaanottamaan myös jätteenpolttolaitoksen tuhkia ja kuonia. Laajennusalueen rakenteet on suunniteltu siten, että ne kestävät suuren jätetäyttöpaksuuden, joka on enimmillään 70 metriä. (Ramboll, 2008a)

5.2 LAAJENNUSALUEEN POHJARAKENNE

Tavoite

Laajennusalueen pohjarakenne on valtioneuvoston päätöksen (861/1997, muutos 202/2006) vaatimusten mukainen yhdistelmä rakenne. Samalla se täyttää myös EU-normien vaatimukset monikerroksisesta pohjarakenteesta. Jätetäytön alapuolisen salaojakerroksen ja pohjan tiivistekalvon alapuolella on tarkkailusalaojakerros. Tarkkailusalaojakerroksen avulla voidaan havaita pohjan tiivisterakenteen mahdollinen vaurioituminen. Kuvassa 39 on esitetty tavanomaisen jätteen pohjarakenne.



Kuva 39. Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen laajennusalue, tavanomaisen jätteen loppusijoitusalueen pohjarakenne.

Alusrakenne

Laajennusosa on rakennettu ja rakennetaan louhitun kallion päälle lukuun ottamatta painannealuetta laajennusalueen eteläreunalla, jossa on suoritettu massanvaihto louheella kallion pintaan saakka. Kaatopaikan pohja on tasattu ja muotoiltu murskeella alueella syntyvien suotovesien keräyksen edellyttämällä tavalla.

Pohjarakenteet, alaosa

Alusrakenteen päälle on rakennettu kantava asfalttikerros (ABK20, 130 kg/m^2) ja jätteen loppusijoitusalueilla kantavan asfaltin päälle kaksikerroksinen ($2 \times 30 \text{ mm}$) asfalttinen tiivistysrakenne kumibitumivaluasfaltista (KBVA, n. $2 \times 70 \text{ kg/m}^2$), jonka tyhjätilavaatimus $< 2 \%$. Valuasfalttieristekerroksen päälle on rakennettu 300 mm:n paksuinen tarkkailusalaojakerros kalliomurskeesta, jonka vedenläpäisevyyskerroin $k \geq 10^{-3} \text{ m/s}$. Tarkkailusalaojakerros on suojattu suodatinkankaalla (N4).

Pohjarakenteet, yläosa

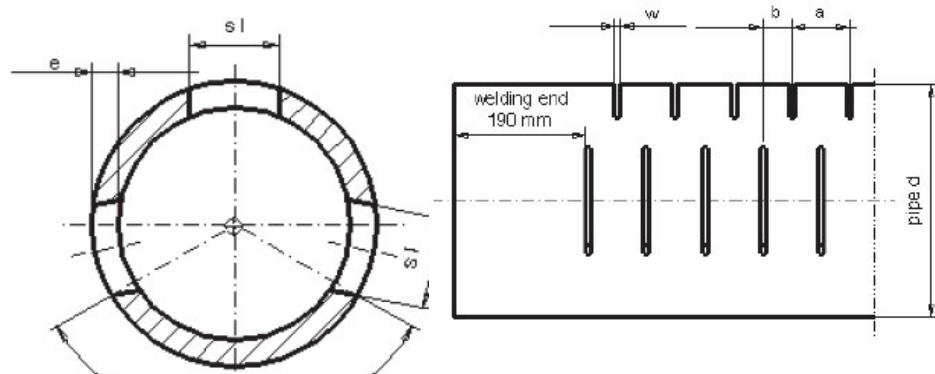
Tiivistyskerroksen mineraalinen tiivistyskerros on rakennettu 500 mm:n paksuisena routimattomasta murskebentoniitista, jonka vedenläpäisevyyskerroin $k < 6 \times 10^{-10} \text{ m/s}$. Tiivistyskerroksen yläosa on rakennettu vähintään $2,5 \text{ mm}$ paksuisesta HDPE-kalvosta. Kalvo on suojattu geotekstiilillä, jonka paino on $1200 \dots 3000 \text{ g/m}^2$. Suojageotekstiilin päälle on rakennettu 500 mm:n paksuinen salaojituskerros sepelistä, jonka raekoko on $16 - 32 \text{ mm}$ ja vedenläpäisevyyskerroin $k \geq 10^{-3} \text{ m/s}$. Salaojakerroksen päälle asennetaan täyttötoiminnan etenemisen mukaan suodatinkangas (N4), jonka päälle jätteet sijoitetaan.

5.3 SEKAJÄTTEEN SUOTOVESI JA KERÄILYPUTKISTO

Laajennusalueen pohja on vekiäetty. Huoltotunneliin päin kaatavat jiirit ovat 40 metrin välein. Jiireihin on sijoitettu suotovesien keräilyalaojat ja tiivisterakenteen tarkkailusalaojat. Suotovesien keräilyputkiksi valittiin SDR 11 –luokan HDPE-putket, joiden ulkohalkaisija $\phi_e = 315 \text{ mm}$.

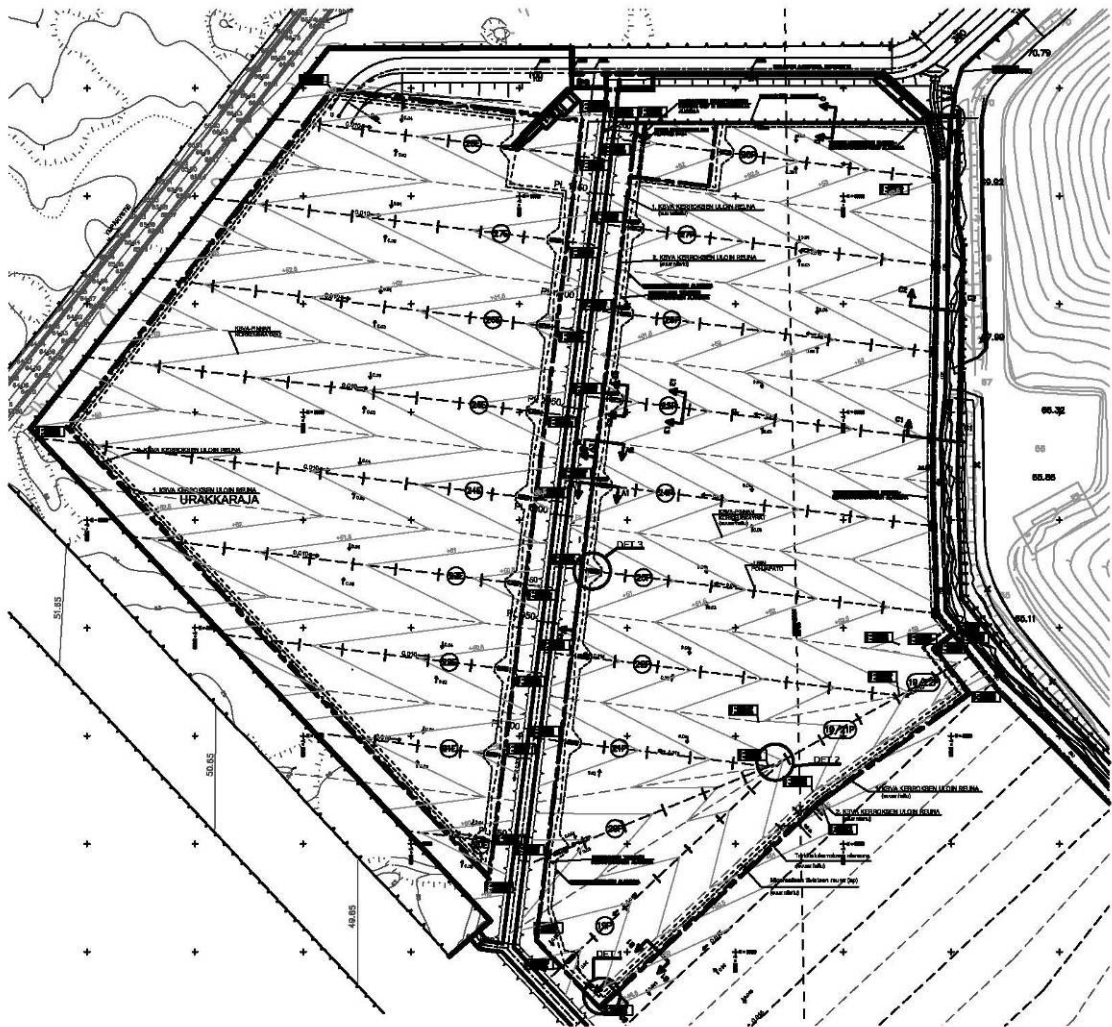
SDR 11-lujuusluokka valittiin mitoituslaskelmien (Plaxis) ja kirjallisuusselvityksen perusteella. Ulkohalkaisija $\phi_e = 315 \text{ mm}$ valittiin lasketun suotovesimäärän johtamiskyvyn perusteella. Putken halkaisija valittiin myös ottaen huomioon putkien huoltaminen. Putkimateriaali on PE100, jonka tiheys on $0,958 \text{ g/cm}^3$. Putkien sisäpinta on väriltään valkoinen monitoroinnin (videokuvauksen) helpottamiseksi. Tarkkailusalaojaputkien ulkohalkaisija on $\phi_e = 160 \text{ mm}$. Kuvassa 40 on esitetty

suotovesien keräilyputken reityksen periaatekuva.



Kuva 40. Ämmässuo, suotovesien keräilyputkiston reityksen periaatekuva. (Simona, 2001)

Suotovesien keräilyputki on sijoitettu salaojituskerrokseen kuvan 39 mukaisesti ja niiden sijoittuminen kaatopaikan pohjalle laajennusalueen ensimmäisen täyttövaiheen alueella on esitetty kuvassa 41.



Kuva 41. Ämmässuo, Laajennusalueen ensimmäisen täyttövaiheen pohjan muotoilu ja suotovesien keräilyputkien ja tarkkailusalojen sijoittelu kaatopaikan pohjalle. Keräilylinjat on numeroitu ja merkitty kuvassa ympyröin. Salaojien välinen etäisyys on noin 40 metriä.

Suotovesiputkien mitoittamiseksi Rambollissa tehtiin useampi mitoitus eri standardeja ja menetelmiä käyttäen ja tutkittiin laskennoissa saatuja suotovesiputken muodonmuutoksia muun muassa Plaxis –laskentaohjelmalla. Laskelmissa todettiin putken muodonmuutoksien jäävän noin 5 %:iin, kun käytetään SDR 11 –luokan PE100 putkea jätetäytön paksuudella 70 metriä. (Ramboll, 2005c)

Putken muodonmuutoksia tutkittiin myös Teknillisen korkeakoulun pohjarakennus- ja maamekaniikan laboratoriossa. Koe toteutettiin rakenteelle, joka koottiin käyttäen Ämmäsuolla käytettäviä materiaaleja. Ennen kokeen suoritusta mallinnettiin putki ja rakenne Plaxis –ohjelmalla. Laskennan tarkoitus oli tulevan kokeen geometriaan ja kuormitukseen vaikuttaminen. Laskennassa mallinnettiin tulevan 70 metrin jätetäytön aiheuttamaa jännitystilaa ja sen vaikutusta putken muodonmuutoksiin sekä kestävyys. Lopussa vertailtiin laskettuja muodonmuutoksia ja kokeessa toteutuneita muodonmuutoksia. Kokeissa todettiin laskennallisten tulosten noudattavan likimain kokeessa esiintyneitä muodonmuutoksia kuormitusportaalille 600 kN asti (kuormitusporras 700 kN vastaa putken ympäristän jännitystilaa 840 kN/m^2 , joka saavutetaan jätteen tilavuuspainolla 12 kN/m^2 ja paksuudella 70 metriä). Tästä eteenpäin havaitut muodonmuutokset olivat laskennallisia arvoja suurempia. Putken lämmittäminen lisäsi muodonmuutoksia. Laskelmien ja kokeiden perusteella putki säilyi ehjänä, mutta siihen jäi pysyviä muodonmuutoksia. (Takala, Hakala & Valtonen, 2007)

Käytännössä laajennusalueen ensimmäisen vaiheen alueella täyttöpaksuus 70 metriä saavutetaan vain pienellä alueella. Suurimmalla osalla aluetta täyttöpaksuus on enintään 50 metriä tai vähemmän.

Sekajätteen suotovesi Ämmäsuolla

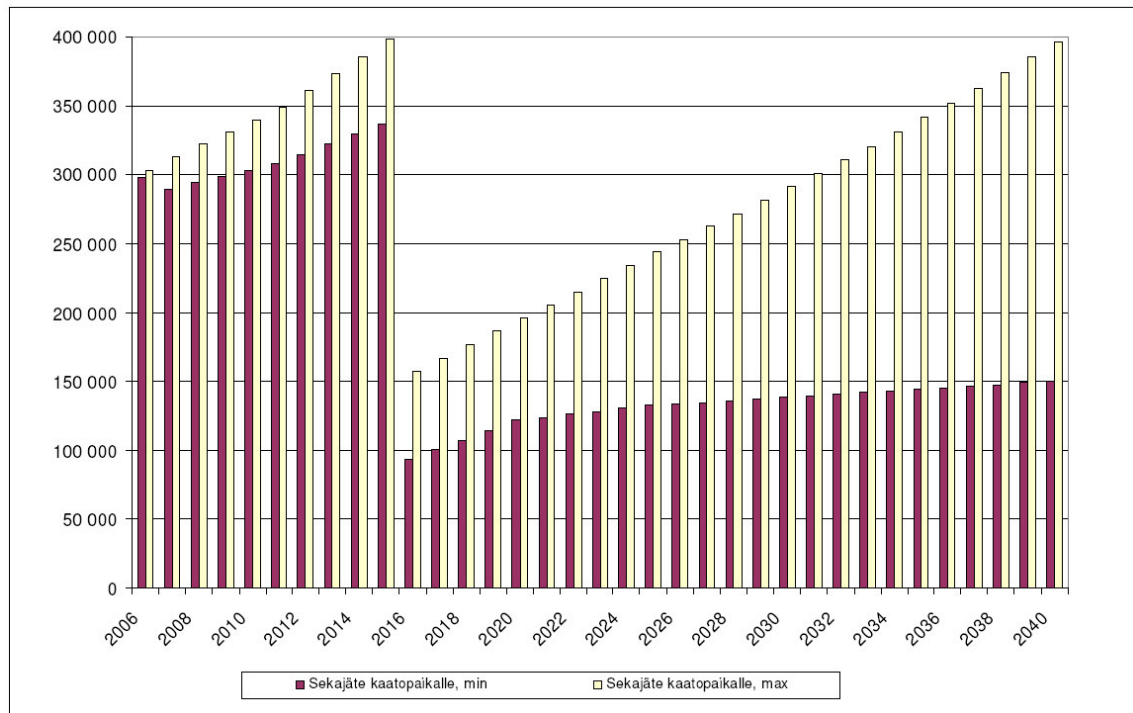
Laajennusalueelle sijoitettavan sekajätteen suotovesien voidaan olettaa vastaavan ominaisuuksiltaan vanhoilla jätetäyttöalueilla I-IV syntyviä suotovesiä, jotka kerätään tasausaltaaseen, pumpataan viemäriin ja johdetaan Suomenojan jätevedenpuhdistamolle. Mikäli läjitettävän jätteen laatu muuttuu, muuttuu myös suotoveden laatu. Vuonna 2005 tasausaltaasta viemäriin pumpatun veden keskimääräiset pitoisuudet on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Vuonna 2005 Ämmässuon tasausaltaasta pumpatun veden keskimääräinen kuormitus (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy, 2006).

Haitta-aine	yks.	v. 2005	Haitta-aine	yks.	v. 2005
Vesimäärä	m ³ /d	1420	Arseeni	mg/l	0,03
Kiintoaine	mg/l	31	Kadmium	mg/l	0,0003
COD _{Cr}	mg/l	1544	Kromi	mg/l	0,1
BOD ₇	mg/l	130	Kupari	mg/l	0,006
Rauta	mg/l	6,3	Lyijy	mg/l	0,004
Mangaani	mg/l	0,5	Nikkeli	mg/l	0,08
Kok. N	mg/l	564	Sinkki	mg/l	0,08
Ammoniumtyyppi	mg/l	554	Koboltti	mg/l	0,02
Kloridi	mg/l	692	Elohopea	mg/l	0,0007
Sulfaatti	mg/l	42	Fenoli	mg/l	0,2
Kok. P	mg/l	4,2	Mineraaliöljyt	mg/l	0,07
Alumiini	mg/l	0,6	TOC	mg/l	427
Kalsium	mg/l	134	PAH	mg/l	0,003
Magnesium	mg/l	68			

5.4 LAAJENNUSALUEEN TÄYTTÖPERIAATTEET, AIKATAULU JA VAIHEET

Laajennusalueen 1. vaiheen täyttäminen alkoi marraskuussa 2007. Laajennusalueen kokonaistäyttymisajaksi on laskettu 30-45 vuotta. Aika riippuu muun muassa YTV:n jätevoimalahankkeen toteutumisesta. Jätevoimalahankkeen tavoitteena on hyödyntää pääosa sekajätteestä energiantuotannossa ja sillä on suora vaikutus laajennusalueelle päätyvään sekajätteen määrään (Uusihakala, 2008). Kuvassa 42 on esitetty YTV:n arvio sekajätteen määrän kehityksestä Ämmässuon kaatopaikalla. (YTV, 2006)

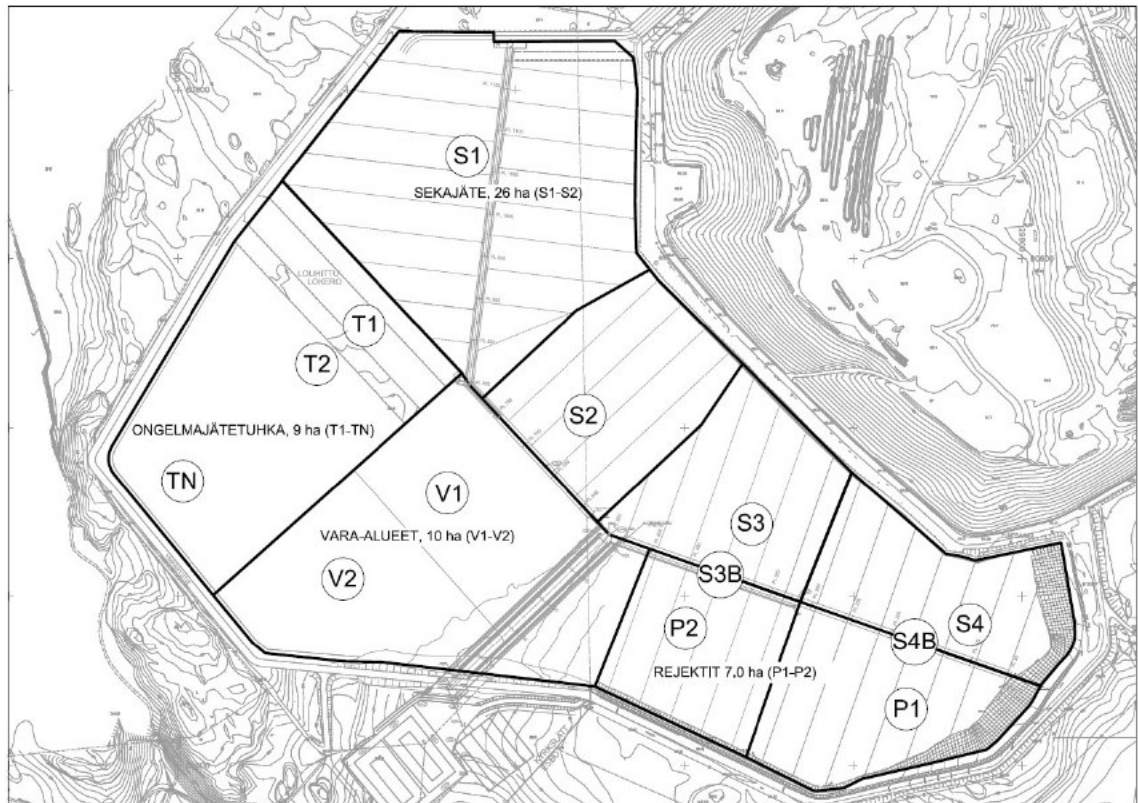


Kuva 42. YTV:n arvio Ämmässuon kaatopaikalle sijoitettavan sekajätteen määrän kehityksestä [t]. (YTV, 2006)

Ämmässuon kaatopaikan laajennusalueelle päätyvän jätemäärän lisäksi on täyttötilavuutta laskettaessa otettava huomioon jätetäytön mahdollistavat rakenteet. Ramboll Finland Oy:n (2008b) täyttötilavuuslaskelmissa on sekajätteen määrän oletettu olevan laskennan alussa 300 000 t/a, jolloin sekajätteen tilavuustarve on jätepenkereenä (jäte+ rakennusmassat) noin 410 000 m³/a. Peitemaana ja kaatopaikkarakenteissa, kuten työmaatiet, käytetään pääasiassa ylijäämämaita ja murskattua tiili- tai betonijätettä sekä hiekoitushiekkaa. Lisäksi peitemaana ja kaatopaikkarakenteissa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan pilaantunutta maa-ainesjätettä. (Ramboll, 2008b)

Ämmässuon laajennusalueen pohjoista täyttöaluetta (1.vaiheen) tullaan operoimaan bioreaktorina. Täyttö toteutetaan täyttäen vuorotellen tunneliuran itä- ja länsipuoleista solua siten, että täyttäminen aloitetaan tunneliuran itäpuoleisesta solusta. Pohjoisosan bioreaktori (S1) täyttyy minimi- ja maksimijättemäärän kertymällä arvioituna loppuvuonna 2013 tai alkuvuonna 2014. (Ramboll, 2008b)

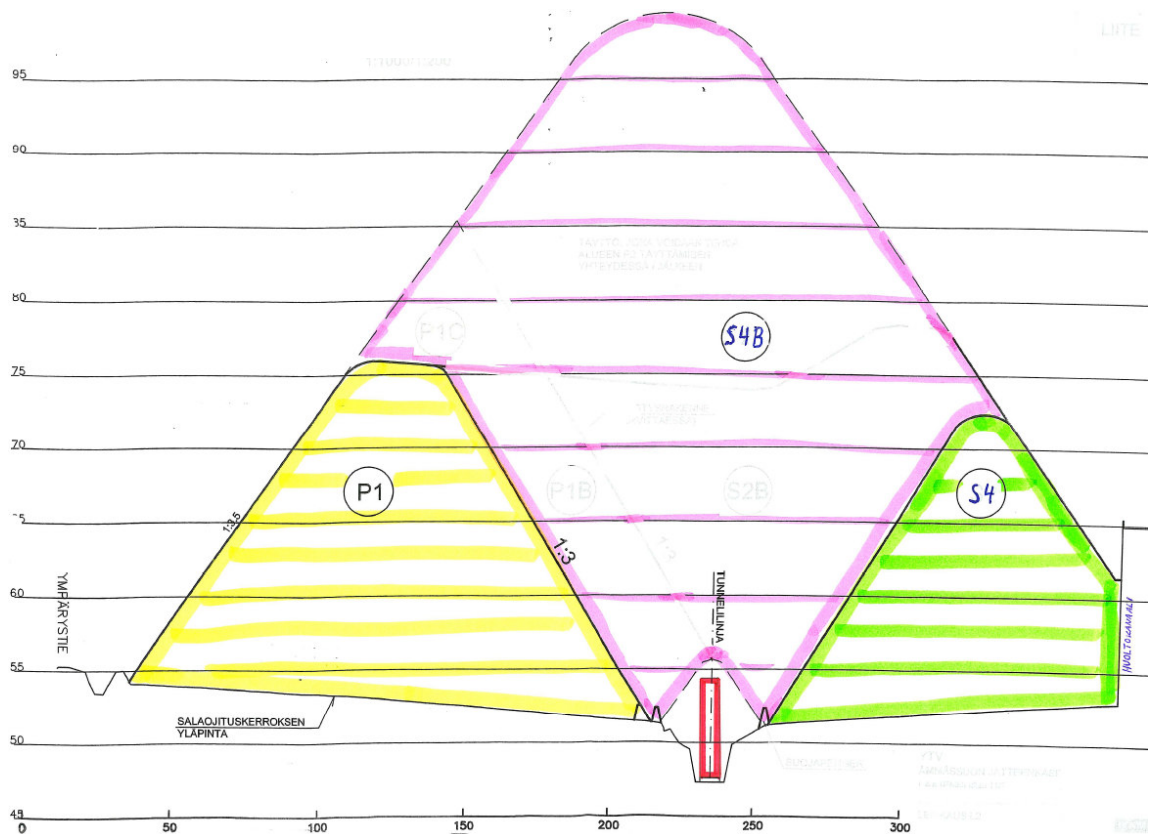
Kuvassa 43 on esitetty laajennusalueen pelkistetty yleissuunnitelma eri osa-alueista ja taulukossa 12 on esitetty eri täyttöalueiden arvioituja täyttötilavuuksia. Kuvassa 44 on esitetty huoltotunnelin mahdollistama lisätäyttötilavuus.



Kuva 43. Ämmässuo. Laajennusalueen eri osa-alueet. Osa-alueiden arvioidut tilavuudet on esitetty taulukossa 12. (Ramboll, 2008b)

Taulukko 12. Ämmässuo. Laajennusalueen eri osa-alueiden arvioidut täyttötilavuudet ja osa-alueiden täyttötilavuuksien laskentaperusteita. (Ramboll, 2008b)

Alue	Kuvaus	Tilavuus [m ³]	Pinta-ala [ha]	Huom!
S1	"Bioreaktori 1"	2 767 000	12,6	kaikki luiskat 1:3,5
S1 +	"Bioreaktori 2" S1 luiskän yläpuoli	400 000	-	nojaa bioreaktoriin 1 ja kaakkoisreuna pystysuora
S2	"Bioreaktori 2" keskiosa	915 000	3,9	kaakkois- ja luoteisreuna pystysuora, ei tunnelin ylitystä
S3	"Bioreaktori 3" keskiosa	987 000	4,8	kaakkois- ja luoteisreuna pystysuora, ei tunnelin ylitystä
S4	"Bioreaktori 4" eteläosa	250 000	4,1	luoteisreuna pystysuora, ei tunnelin ylitystä
S4 - P1	Tunnelin ylitys	570 000	-	nojaa alueisiin S4 ja P1 tunnelin yli, luoteisreuna pystysuora
S3 - P2	Tunnelin ylitys	570 000	-	nojaa alueisiin S3 ja P2 tunnelin yli, kaakkoisreuna pystysuora
P1	Rejektijäte	373 000	3,8	kartio
P2	Rejektijäte	446 000	3,3 +	P2 + kartioon P1 nojaava täyttö



Kuva 44. Ämmässuo. Laajennusalueen periaatteellinen täyttötilavuus. Ilman huoltotunnelia voidaan täyttää alueet P1 ja S4, mutta huoltotunnelia käyttäen myös alue S4B. (Ramboll, 2008b)

5.5 LÄHTÖKOHDAT HUOLTOTUNNELIN RAKENTAMISELLE

5.5.1 Yleistä

Ämmässuon kaatopaikan uuden laajennusalueen kuivatusjärjestelmää valittaessa suunnittelun lähtökohtina olivat:

- Alueelliset olosuhteet
- Täyttötilavuuden maksimointi (investoinnin hyödyn optimointi: €/jäte-t)
- Jätetäytön prosessin seuraaminen ja ohjaaminen
- Järjestelmän huollettavuus ja seurattavuus
- Turvallisuus (ympäristö- ja henkilöstöturvallisuus)
- Varautuminen tulevaisuuteen

5.5.2 Alueelliset olosuhteet

Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen laajennusalue sijoittuu vanhan täyttöalueen länsipuolelle louhitulle kalliopohjalle. Laajennusalueen täyttöalue on suunniteltu rajautuvaksi pohjoisessa myöhemmin rakennettavan jätteiden vastaanottotermiinalin alueeseen, lännessä ja etelässä laajennusalueen ympäristiehen ja idässä nykyisen jätetäytön ympäristien viereen rakennettuun eristysseinään.

Laajennusalueella louhittu kalliopohja on noin 0...15 metriä ympäröivää maastoa alempana. Kalliopohja viettää etelään, jossa sijaitsevat myös laajennusalueen maaston topografisesti alimmat tasot. Kalliopohja on louhittu siten, että painovoimainen suotovesien kokoaminen ja johtaminen tasausaltille kaatopaikan pohjalta on mahdollista. Tasausaltaat sijoittuvat laajennusalueen eteläreunalle. Etäisyys tasausaltilta laajennusalueen pohjoispäähän on noin 850 metriä ja eteläpäähän noin 750 metriä.

Laajennusalueen jätetäyttö ympäröidään kallionseinämiä vasten rakennetuilla eristysseinillä. Eristysseinät sijoittuvat laajennusalueen tulevan jätetäytön itä- ja pohjoispuolelle sekä osalle länsipuolta. Laajennusalueen itäpuolella eristys- ja kalliuseinän väliin on jätetty kanaali, joka katetaan ja muodostaa näin reunatunnelin (huoltokanaali).

5.5.3 Täyttötilavuuden maksimointi

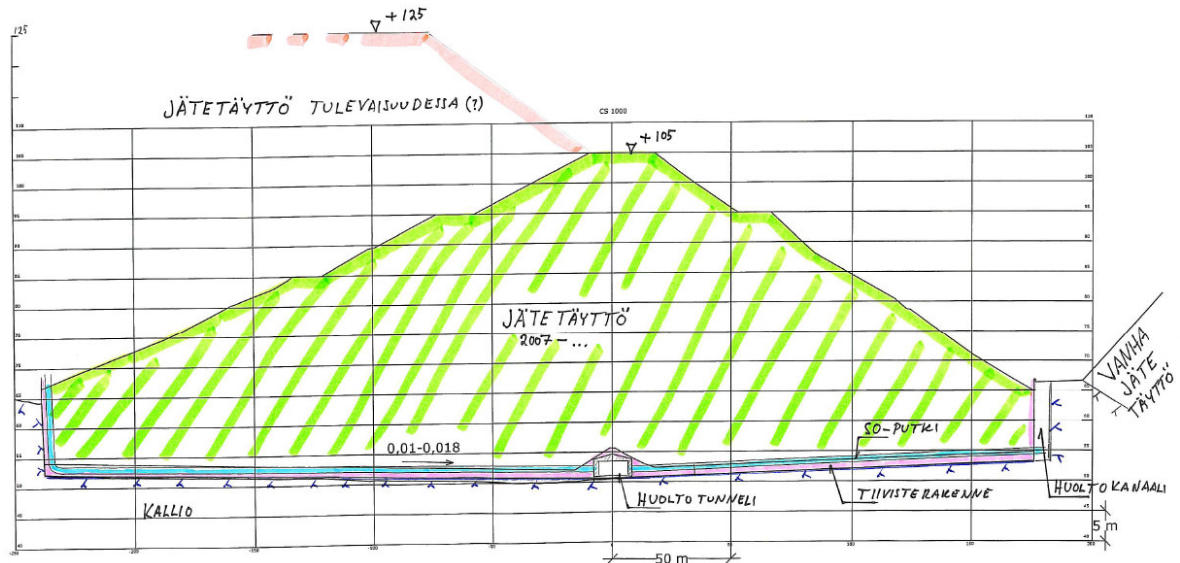
Täyttötilavuuden maksimointi kuuluu jokaisen kaatopaikan suunnittelulähtökohtiin. Minimoitava suure on loppusijoituspaikan rakentamiseen käytettävä investointi suhteessa loppusijoituspaikan kapasiteettiin (€/jäte-t).

Uusien loppusijoitusalueiden synnyttäminen kaavoituksen ja investointien avulla nollapisteestä ensimmäisen jätekuorman saapumiseen asti on usein vuosikymmeniä kestävä prosessi, johon päästään vain pitkäjänteisellä alueiden käytön suunnittelulla. Kun alue ja asiaan kuuluvat luvat ovat käytössä, täyttötilavuuden maksimoinnilla pyritäänkin usein myös loppusijoitusalueen mahdollisimman pitkäaikaiseen toimintaan.

Täyttötilavuuden maksimointi perustuu geometriaan. Laajalla pinta-alalla ja korkealla täytöllä saavutetaan suurin mahdollinen tilavuus. Käytännössä tilavuutta rajoittavat asetetut kaavoitus- ja lupamääräykset, jätteen ominaisuudet ja tekniset ratkaisut. Ämmässuon tapauksessa täyttötilavuus rajoittuu ympäristöluvassa määrättyyn pinta-alaan (noin 60 ha), täyttömäen lakipisteen tasoon (+125) sekä luiskakaltevuuteen (1:3,5). Laajennusalueen täyttötilavuuden maksimiavoksi on ympäristöluvassa asetettu 17,4 milj.m³. Yhtenä huoltotunneliratkaisua tukevana teknisenä näkökohtana voidaankin pitää sen tuomaa lisätäyttökapasiteettia. Kapasiteetin lisäys on mahdollista suuremman täyttösyvyyden kautta, joka on mahdollinen mikäli

suotovesikeräysjärjestelmän huoltoon ei tarvita täyttösyvyyttä rajoittavia pystykaivoja.

Suurella täyttökapasiteetilla saavutetaan kustannustehokas kaatopaikka. Suuri täyttökapasiteetti asettaa kuitenkin korkeat vaatimukset teknisille ratkaisuille. Pitkällä käyttöiällä ja suurella täyttösyvyydellä suotovesienkeräysjärjestelmän merkitys kaatopaikan pohjalla kasvaa. Järjestelmän tulee olla huollettavissa ja kestää mekaanista sekä kemiallista rasitusta. Kestävällä kuivatusjärjestelmällä varmistetaan, ettei jätteessä muodostuva suotovesi aiheuta ympäristölle riskiä kaatopaikan sulkemisen jälkeenkään. Kuvassa 45 on esitetty laajennusalueen 1.rakennusvaiheen periaatepoikkileikkaus.



Kuva 45. Laajennusalueen jätetäyttöalueen periaatepoikkileikkaus, luiskakaltevuus 1:3,5. (Ramboll, 2008b)

5.5.4 Jätetäytön prosessin seuraaminen ja ohjaaminen

Jätetäytössä muodostuu kaatopaikkakaasua. Kaatopaikkakaasu on pääasiassa metaania ja hiilidioksidia, josta metaanin osuus vaihtelee välillä noin 40...60 %. Kaatopaikkakaasu kerätään talteen ja tuotetaan energiaksi.

Kaatopaikkakaasun muodostumiseen vaikuttavat muun muassa vesi, jätteen koostumus ja lämpötila. Jätteen koostumus vaihtelee alueittain ja kullakin alueella voi olla erilaiset optimiolosuhteet kaatopaikkakaasun muodostumiselle. Kaasuntuoton määrää voidaan osin säädellä kontrolloimalla veden määrää, mikä mahdollistuu alueittaisella seurannalla. Järjestelmän avulla jätetäyttöä voidaan käyttää bioreaktorina. Lisäksi suotoveden laatu voidaan määrittää alueittain näytteiden avulla.

5.5.5 Järjestelmän huollettavuus ja seurattavuus

Kuivatusjärjestelmän huollettavuus ja seuranta ovat tärkeitä asioita pitkäaikaisen toiminnan takaamiseksi. Huollettavuudesta ja pitkäaikaisesta käytöstä johtuen järjestelmässä on odotettavissa kulumista, joka on seurausta mekaanisista puhdistustoimista ja kemiallisesti aggressiivisista olosuhteista.

Suotovesiputkien huollon ja toiminnan kannalta on oleellista suotovesiputkien pituuden minimointi. Suotovesiputkien pituuden optimoimiseksi huoltotunneli on sijoitettu Ämmäsuon kaatopaikalla likimain laajennusalueen keskilinjalle, jolloin suotovesiputkien pituus voidaan optimoida siten, että jätetäyttöalue saadaan mahdollisimman leveäksi. Huoltotunneliratkaisu lisää myös yksittäisen suotovesiputken toimintavarmuutta, koska suotovesiputket ovat puhdistettavissa molemmista päistä, jätetäytön reuna-alueelta ja huoltotunnelista.

5.5.6 Turvallisuus

Ämmäsuon kaatopaikan laajennusalueelle rakennettavalla huoltotunnelilla on pyritty myös lisäämään välttämättömien huoltotöiden turvallisuutta. Kaatopaikan pohjalle sijoitettavan suotovesiputkiston huoltoon on kaksi vaihtoehtoa: pystykaivot tai huoltotunneli. Ämmäsuon kaatopaikan laajennusalueelle suunnitellun jätetäytön syvyys tulee olemaan suurimmillaan noin 70 metriä. Jätetäytössä suurten pystysuuntaisten painumien lisäksi saattaa tapahtua myös suuria vaakasuuntaisia liikkeitä, jotka aiheuttaisivat suuriakin rasituksia pystysuuntaisiin rakenteisiin. Ämmäsuota vastaavilla kaatopaikoilla on kansainvälisesti pidetty jo 20 metriä syviä pystykaivoja liian vaarallisina huollon kannalta. (Ramboll, 2005a)

Pystykaivojen huollon ongelma on, että huoltohenkilökunta joutuu samaan tilaan suotovesien ja kaatopaikkakaasun kanssa. Huoltotunnelin avulla suotovesien keräilyputkisto pystytään huoltamaan turvallisemmasta tilasta järjestelmän ulkopuolelta.

Vaikka huoltotunneli onkin turvallinen ja irrallaan suljetusta suotovesienkeräilyjärjestelmästä, tulee huoltotunneli kuitenkin varustaa turvajärjestelmin, joilla mahdolliset suotovesi- tai kaasuvuodot voidaan havaita. Lisäksi huoltotunneliin tulee järjestää riittävä ilmastointi siten, että mahdollisissa vuototapauksissa haitalliset kaasut voidaan tuulettaa ulos eikä kaatopaikkakaasusta pääse syntymään terveydelle haitallista konsentraatiota.

5.5.7 Varautuminen tulevaisuuteen

Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan Ämmässuon kaatopaikan laajennusalueen jätetäytön maksimitäyttösyvyys on noin 70 metriä. Jätetäytön lakipiste saavutetaan osalla huoltotunnelia, mutta reuna-alueilla jätetäytön paksuus jää luiskien takia vähäisemmäksi. Huoltotunneli voitaisiin mitoittaa näiltä osin pienemmillä rakennevahvuuksilla, mutta tällöin jätetäytön paksuus huoltotunnelin yläpuolella olisi sidottu. Koska lopullisen jätetäytön muoto voi tulevaisuudessa vielä muuttua ja laajentua, on suunnittelussa päädytty yleiseen rakennepoikkileikkaukseen sitomatta sitä jätetäytön paksuuden vaihteluihin. Koska huoltotunnelin sisältämät järjestelmät kulkevat koko huoltotunnelin pituuden läpi likimain yhtenäisinä, tulee huoltotunnelin huonetilan poikkileikkauksen olla rakennepaksuudesta riippumatta riittävän samanlainen koko huoltotunnelin pituudella.

6 ÄMMÄSSUON HUOLTOTUNNELIN TILAT JA VARUSTELU

6.1 VIRANOMAISASIASIAT

Huoltotunneli on suunniteltu kulkevaksi likimain Ämmässuon laajennusalueen keskilinjaa pitkin. Tällöin osa huoltotunnelista sijoittuu Kirkkonummen ja osa Espoon puolelle. Ämmässuon huoltotunnelirakenne on ensimmäinen laatuaan Suomessa, joten YTV on toiminut hankkeen toteuttamiseksi laajasti yhteistyössä viranomaisten kanssa. Toistaiseksi haetut luvat ovat:

- ympäristölupa koskien Ämmässuon kaatopaikan laajennusaluetta (päätös UUS-2004-Y-133-121),
- suunnittelutarveratkaisu ja
- toimenpidelupa ensimmäiselle rakennusvaiheelle.

Suunnittelutarveratkaisua on haettu huoltotunnelin Kirkkonummen puolella olevalle osalle. Toimenpidelupa on haettu huoltotunnelin ensimmäiselle rakennusvaiheelle, joka sijaitsee kokonaisuudessaan Kirkkonummen puolella.

Kohteen hyväksyvänä paloviranomaisena toimii Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos sekä Espoon että Kirkkonummen puolella. Huoltotunnelin sisätilat on luokiteltu räjähdysvaarallisiksi alueiksi kaatopaikkakaasun vuoksi.

Ämmässuon kaatopaikan laajennusalueelle 16.5.2005 päivätyssä ympäristölupapäätöksessä on asetettu suoria tai välillisiä määräyksiä huoltotunnelia koskien. Määräykset on esitetty liitteessä 2.

6.2 POIKKILEIKKAUKSEN TILAMITOITUS

Huoltotunnelin toiminta edellyttää toimintaa ylläpitäviä ja tukevia tiloja. Toimintaa ylläpitävissä tiloissa on huomioitava riittävin tilavarauksin huoltotunnelin pysyvien teknisten varusteiden sijoitus- ja huoltomahdollisuudet sekä riittävät sosiaalitilat ylläpitäviin toimiin osallistuville henkilöille.

Huoltotunneliin sijoitettava kokoojalinjasto käsittää useista putkista koostuvia putkiryhmiä. Lähtökohta on se, että näin jätetäyttöalueen eri osista voidaan johtaa omina jakeinaan laadultaan erilaisia vesiä. Huoltotunneli palvelee kokoojaputkien sijoituspaikan lisäksi myös salaojien huoltoa ja tarkastusta.

Huoltotunnelin poikkileikkausmitoitus perustuu kokoojalinjojen tilantarpeen ja salaojien huollon vaatimaan tilantarpeen lisäksi siihen, että poikkileikkaus on riittävän avara myös tarvittaville LVIAS-järjestelmille.

6.3 SUOTOVESIEN KOKOOJAPUTKISTO

Kokoojaputket

HDPE-muovista valmistetut kokoojaputket asennetaan tunneliseinien viereen tunnelin pituuskaltevuuden mukaiseen kaltevuuteen (0,5...0,7 %). Huoltotunnelissa on kaksi suotovesien kokoojalinjaa sekä kaksi tarkkailusalaojien kokoojalinjaa (1+1 huoltotunnelin molemmilla reunoilla). Puhtaiksi vesiksi luokitellaan valumavedet alueilta, jotka eivät ole jätteen läjityskäytössä. Valuma-alueiden vedenlaatua voidaan seurata putkikohtaisesti.

Koska huoltotunneli on räjähdysvaarallista aluetta, putkimateriaalina käytettiin antistaattista muovia. Putkien liitokset tehtiin sähkö- tai puskuhitsaamalla ja osa laippaliitoksia. Asennuksen ja putkien kuljettaminen asetti haasteita, sillä putken pintaosan naarmuuntuminen vähentää antistaattisuutta. Putkien antistaattisuus mitattiin asennuksen jälkeen. (KWH-Pipe, 2007)

Koska huoltotunneli rakennetaan vaiheittain, tarvitaan väliaikaisia siirtolinjoja johtamaan suotovedet laajennusalueen eteläpuolelle, josta vedet johdetaan käsittelyyn.

Läpiviennit ja yhteydet

Ämmässuon laajennusalueella kaatopaikan pohjalle suotovesi- ja tarkkailusalaojina on käytettävä vähintään HDPE-muovista valmistettuja DR11 -luokan putkia. Suotovesiputkien ulkohalkaisija on $\phi_e = 315$ mm. Tarkkailusalaojaputkien ulkohalkaisija on $\phi_e = 160$ mm. Suoto- ja tarkkailusalaojaputkien läpiviennit huoltotunneliin on pyritty tekemään pääasiassa kohtisuorasti huoltotunnelilinjaa vasten. Läpiviennit on suunniteltu siten, että salaojaputkien huolto on mahdollista. Läpiviennit ovat jiirien kohdilla 40 metrin välein.

Läpivientejä huoltotunnelissa sijaitseviin kokoojaputkistoihin liittymistä varten on kolmea eri tyyppiä: suotovesisalaojille, tarkkailusalaojille ja huoltotunnelin suuntaisille tarkkailusalaojille.

6.4 PUTKIEN HUOLTO

Huoltovaunu

Suotovesiputkien huoltoon tarvittava kalusto kuljetetaan huoltotunnelissa huoltovaunulla. Vaunussa on kiinteästi asennettu huoltovarustus. Huoltovaunu voidaan liittää huoltokohteella tai sen läheisyydessä huoltotunnelin sisältämiin kiinteisiin verkkoihin kuten painevesi- tai sähköverkkoon.

Huoltovaunun päätehtävä on toimia painehuuhtelukaluston kuljettimena ja tarvittaessa liikkuvana paineenkorotusasemana. Vaunun varustukseen voi kuulua esimerkiksi painehuuhteluletkukela moottoreineen, painehuuhtelukärki ja pumppu paineen korotusta varten. Työturvallisuuden kannalta välttämätön varuste on kaasunilmaisim. Lisäksi huoltovaunulla voidaan kuljettaa muita työkaluja. Ämmäsuolla huuhteluvedenpaineen korotus tehdään kiinteällä pumpulla, joka sijaitsee huoltotunnelin pohjoispäässä.

Mikäli huoltovaunu halutaan kääntää Ämmäsuon huoltotunnelissa ilman suurta vaivaa, ovat maksimit 1,25 m x 1,75 m (leveys x pituus). Korkeuden tulisi olla alle kaksi metriä.

Huuhtelulaitteet

Painehuuhtelukalustolla puhdistetaan suotovesi- ja tarkkailusalaajaputket. Se koostuu painehuuhtelukärjestä, letkusta, motorisoidusta kelasta, letkun ohjaimesta sekä salaajaputken huoltoluukun paikalle asennettavasta laakeroidusta kehyksestä.

Painehuuhtelukärjellä keskitetään puhdistusvesi tehokkaiksi suihkuiksi, joista osa suuntautuu taaksepäin ja työntää kärkeä ja letkua eteenpäin. Painehuuhtelukärkiä on saatavilla lukuisia eri tyyppisiä tavallisista kärjistä lianirrotusketjuilla varustettuihin pyöriviin kärkiin.

Kameralaitteet

Kuvauskalustolla tarkistetaan suotovesi- ja tarkkailusalaajaputkien kunto. Kalusto koostuu kamerasta, kameran kuljettimesta, valoista, kaapelista, huoltoluukun paikalle asennettavasta laakeroidusta kehyksestä, kaapelin ohjaimesta, kelasta ja ohjainyksiköstä.

Suotovesiputkien lähiympäristö on saanut EX-tilaluokituksen 1 ja muu tunneli luokituksen 2, joten kelan ja ohjainyksikön kohdalla suojaus ei ole välttämätön, mikäli ne voidaan pitää huollon aikana yli 1,5 m:n etäisyydellä huollettavasta putkesta. Suojaamatonta laitteistoa käytettäessä on kuitenkin aina valvottava kaasunilmaisimen avulla ettei työalueella ole räjähdysvaarallisia kaasuseoksia. Turvallisuussyistä eri tilaluokitusten väliset rajat merkitään huoltotunnelin lattiaan kunkin putkiparin kohdalle. (Air-Ix Talotekniikka, 2007)

Räjähdysvaaralliset tilat määritellään Räjähdysuojasasiakirjassa. Räjähdysuojasasiakirja ja EX-luokitus perustuvat Euroopan parlamentin ja neuvoston Direktiiviin 1999/92/EY (ATEX - olosuhdedirektiivi) ja Valtioneuvoston asetukseen n:o 576/2003. Direktiivillä ja asetuksella pyritään estämään työpaikan ilmassa olevien kaasu-, höyry- tai pölyseosten räjähdyksiä. (Air-Ix Talotekniikka, 2007)

Vesimäärien mitta

Ämmäsuon huoltotunnelin suotovesimäärien mitta

toteutetaan liikuteltavalla astiamittausmenetelmällä, jossa yksittäisestä putkesta purkautuva suotovesi kerätään liikuteltavaan astiaan ja mitataan astian täyttymiseen kulunut aika. Tämä tehdään käyttäen mittausvaunua, jossa on mittausastia ja pumppu vesien johtamiseksi kokoojaputkeen sekä näytteenottoventtiiliin sopiva suotovesien ohjausputki, jolla suotovesi ohjataan hallitusti mitta-astiaan. Suotovesien mittausvaunun suunnittelussa on huomioitu EX-tilaluokituksen asettamat vaatimukset.

6.5 HUOLTOTUNNELIN MUU VARUSTELU

Koska huoltotunnelissa saattaa esiintyä kaatopaikkakaasua, on huoltotunnelin sisätilat luokiteltu räjähdysvaaralliseksi alueeksi. Räjähdysvaaralliseksi alueeksi luokittelu edellyttää EX-suojattujen laitteiden käyttöä sekä räjähdyssuojausasiakirjan laatimista.

Huoltotunnelin LVIAS-suunnittelusta on vastannut Air-Ix talotekniikka Oy. Sähkö- ja heikkovirtajärjestelmien järjestelmäkuvaus sisältää seuraavat sähkö- ja heikkovirta-asennukset:

- Sähkönsyöttö ja varavoima
- Valaistus ja pistorasiat sekä merkki- ja turvavalistus
- Puhelin- ja radiopuhelinjärjestelmä
- Paloilmoitin- ja turvajärjestelmät
- Kaasuvaroitussjärjestelmä.

LVI-järjestelmien järjestelmäkuvaus sisältää seuraavat asennukset:

- Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- Vesi- ja viemärilaitteet (ei suotovesijärjestelmät)
- Ilmankäsittelyjärjestelmät
- Sääto- ja valvontajärjestelmät
- LVI-eristykset
- Erityiset LVI-tekniset järjestelmät (kaatopaikkakaasun poisto)
- Palontorjunta

7 ÄMMÄSSUON HUOLTOTUNNELIN RAKENNEMITOITUS

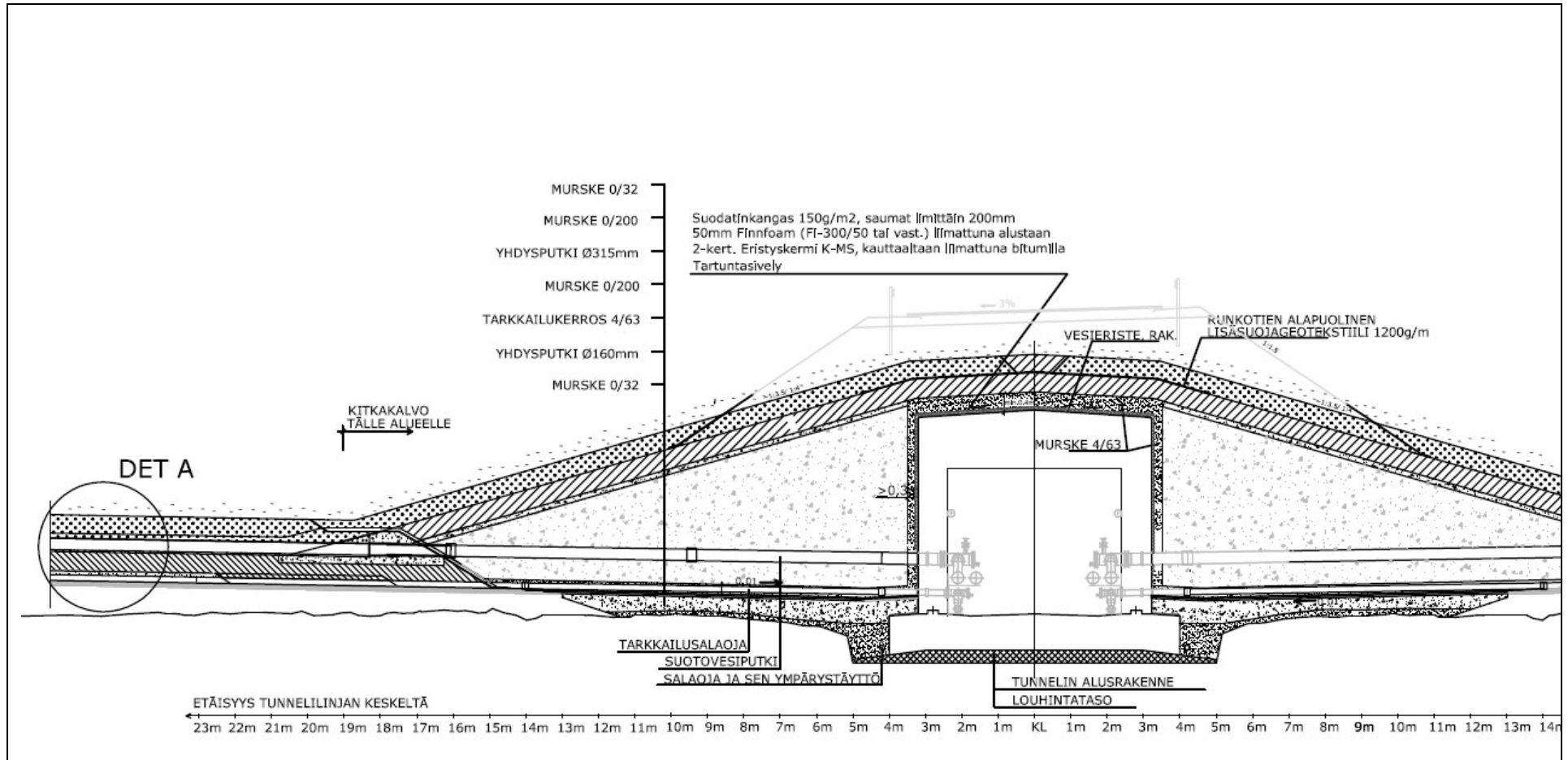
7.1 YLEISTÄ

Huoltotunnelin mitoituskäenä on 200 vuotta. Pitkä mitoituskä asettaa paljon haasteita materiaalivalinnoille ja suunnittelulle. Huoltotunnelin rakenteellisessa mitoituksessa on kiinnitetty huomioita muun muassa seuraaviin tekijöihin:

- Tulevan jätetäytön aiheuttama maanpaine
- Painumat ja painumaerot
- Sivuttaiskuormat (toispuoleinen täyttö)
- Lämpökuormat
- Vedenpaine
- Aggressiiviset ympäristöolosuhteet
- Huonetilamitoitus (suunniteltujen järjestelmien mahtuminen)

Kaatopaikan pohjan tiivistysrakenteet (mineraalinen tiivistyskerros + HDPE-kalvo) viedään huoltotunnelin yli yhtenäisinä. Betoninen huoltotunneli on jäykkä painumaton rakenne, johon suoto- ja tarkkailusalaajat liitetään kaatopaikan pohjalta. Huoltotunnelin ulkopuoliset rakennekerrokset pyritään rakentamaan mahdollisimman tiiviinä ja painumattomista materiaaleista kuten kalliomurske. (Ramboll, 2006)

Lopullisessa tilanteessa rakennekerroksia ja huoltotunnelia tulee rasittamaan enimmillään noin 70 metriä paksu jätetäyttö. Jätetäytön vaikutuksesta huoltotunnelin ulkopuoliset rakennekerrokset kokoonpuristuvat, jolloin myös niihin sijoitetut suoto- ja tarkkailusalaajat painuvat. Kuvassa 46 on esitetty huoltotunnelin poikkileikkaus.



Kuva 46. Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen laajennusalue, huoltotunnelin poikkileikkaus ja liittyminen pohjarakenteisiin.

7.2 PARAMETRIT

Mitoituksessa käytetyt parametrit on valittu realistiselta vaihteluväliltä soveltaen jätteelle vanhan täyttöalueen stabiliteettitarkastelun yhteydessä kalibroituja parametreja. (Ramboll, 2006b) Pääosa laskennoista on suoritettu geoteknisiin mitoituksiin kehitetyllä elementtimenetelmään perustuvalla laskentaohjelmalla Plaxis. Laskennoissa käytetyt parametrit on esitetty taulukoituina liitteissä 3.1-3.3.

Yhdyskuntajätteen tilavuuspainon määrittäminen on vaikeaa johtuen mm. jätteen heterogeenisyydestä ja eroavaisuuksista jätteen tiivistämisasteessa, päivittäisessä peittämisessä, vesipitoisuudessa, jätteen iässä ja hajoamisen asteessa. Jätejakeiden erottelulla on myös suuri vaikutus jätteen tilavuuspainoon. Näin ollen Ämmässuon tapauksessa parhaat arviot voitaneen esittää tutkimalla olemassa olevan (vanhan) jätetäytön tilavuuspainoa. Taulukkoon 13 on kerätty kaatopaikkajätteen tilavuuspainoja ei tutkimuksista.

Taulukko 13. Kaatopaikkajätteen tilavuuspainoja eri tutkimuksista

Tilavuuspaino [kN/m ³]	Jätteen laatu	Lähde
12	yhdyskuntajäte	Gay (1991)
3...5	paalattu yhdyskuntajäte	Saarelma (1979)
17...19 12	sekajäte 20 m syvyydessä lähellä pintaa	Saarelma (1979) Iso-Huopalahden kaatopaikka
6,3	sekajäte (yhd. + teol.jäte)	Oweis & Khera (1990)
10,2...11	jäte kaatopaikan vesipinnan alapuolella	Oweis & Khera (1990)
8...11-10...13	yhdyskuntajäte (jäte+esipeittomaa)	Törnqvist (1995), Ämmässuo
8...11	yhdyskuntajäte (jäte+esipeittomaa)	Ruuskanen (1999), Ämmässuo

VTT on mitannut radiometrisilla menetelmillä jätetäytön tilavuuspainoa 0...12 m syvyydeltä Ämmässuon kaatopaikan jätetäyttöön asennetuista mittausputkista vuosina 1994-95. Mittaustulokset on muutettu jätetäytön märkätilavuuspainoksi käyttäen kiintotilavuuspainona 0,85 ja 2,65 t/m³. Todellinen keskimääräinen jätetäytön (jäte + peittomaa) tilavuuspaino on edellä mainittujen arvojen välillä. Kiintotilavuuspainolla 0,85 t/m³ määritetyn jätteen märkätilavuuspaino vaihtelee 8...11 kN/m³ ja kiintotilavuuspainolla 2,65 t/m³ määritetyn jätteen märkätilavuuspaino vaihtelee välillä 10...13 kN/m³ ollen keskimäärin 11 kN/m³. Mittauksissa näkyy märkätiheyden piikkejä mittauksen ollessa peittomaakerroksen kohdalla. VTT:n mittauksissa ei ole juurikaan havaittu jätteen märkätilavuuspainon muuttuvan mittaussyvyyden muuttuessa 0...12 m välillä. (Törnqvist 1994-1995)

Oweus´n & Kheran (1990) raportin perusteella yhdyskuntajätteen tilavuuspaino kasvaa jätteen näytteenottosyvyyden kasvaessa, jolloin tilavuuspainon kasvu on noin 0,15...0,2 kN/m³ jätetäytön syvyyden kasvaessa yhden metrin. Uuden ja vanhan jätetäytön kuivatilavuuspaino on samaa suuruusluokkaa keskenään.

Eri lähteistä kerätyn tiedon ja kokemuksen mukaan jätetäytön tilavuuspainon voidaan olettaa kasvavan keskimäärin 0,1 kN/m³/m jätetäytön paksuuden kasvaessa yhtälön 1 mukaisesti.

$$\gamma = 9 \frac{kN}{m^3} + 0,1 \frac{kN}{m^3} \cdot z \quad (\text{yhtälö 1})$$

missä

γ = täytön tilavuuspaino [kN/m³] syvyydellä z

z = syvyys jätetäytön yläosasta [m]

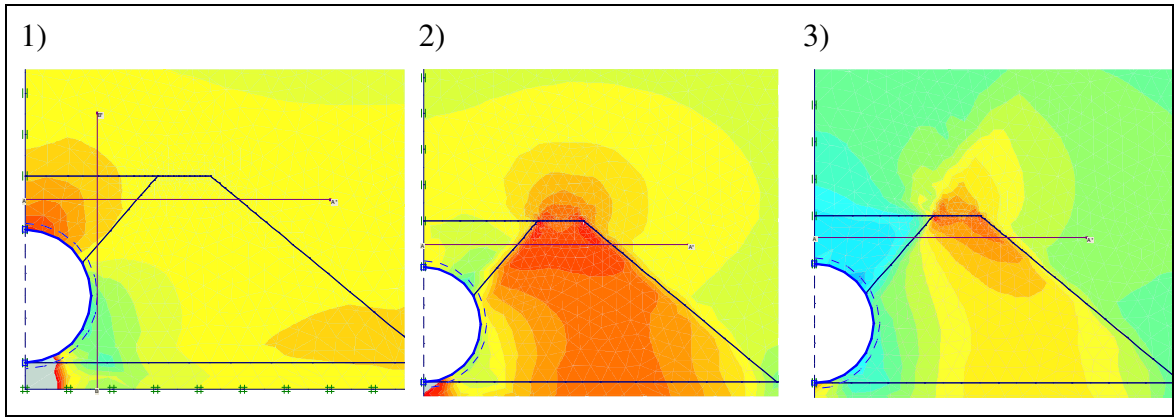
Yhtälön 1 mukaan jätetäytön tilavuuspaino 70 metrin syvyydellä on 16 kN/m³ ja keskimäärin syvyysvälillä 0...70 m 12,5 kN/m³.

7.3 MAANPAINELASKELMAT

7.3.1 Maanpainenelaskelmat, yleissuunnitelma

Ensimmäiset maanpainenelaskelmat tehtiin vuonna 2004 SCC Viatekin toimesta huoltotunnelin yleissuunnitelmaa varten. Laskenta suoritettiin Plaxis-ohjelmistolla. Huoltotunnelin profiili oli tuolloin pyöreä ja jätetäytön paksuus huoltotunnelin päällä oli 65 metriä. Huoltotunneli mallinnettiin palkkielementtinä. Tarkastelussa oli kolme laskentatapausta:

1. perusgeometria, jossa tunneli on jätteen ympäröimä
2. tunnelin viereen on rakennettu tukipenger
3. tunnelin vieressä on tukipenger ja päällä rengasrouheesta tehty joustokerros



Kuva 47. Ämmässuo, huoltotunneli. Jännitysten jakautuminen huoltotunnelin ympärillä eri laskentatapauksissa (yleissuunnitteluvaihe): 1) Huoltotunneli on jätteen ympäröimä. 2) Huoltotunnelin viereen on rakennettu kitkamaasta tukipenger. 3) Tukipenkereen viereen huoltotunnelin päälle on asetettu joustokerros rengasrouheesta. (SCC Viatek, 2004)

Kuvasarjassa 47 on esitetty jännitysten jakautuminen laskentatapauksissa 1, 2 ja 3. Maksimijännitykset saavutetaan huoltotunnelin päällä ja on esitetty taulukossa 14. Taulukossa 14 esitetty vakio C on tunnelin ja täytön keskinäisen jäykkyyden suhteesta riippuva kerroin, joka voidaan laskea kaavalla 2.

Taulukko 14. Ämmässuo, huoltotunneli. Ympyränmuotoiseen huoltotunneliin kohdistuvat maksimikuormitukset ja paineenkeskityskertoimet edellä esitetyissä laskentatapauksissa 1, 2 ja 3. (SCC Viatek, 2004)

Ympyränmuotoinen tunneli	q [kPa]	C
Tapaus 1 (pelkkä jätetäyttö)	881	1,36
Tapaus 2 (tukipenger)	560	0,86
Tapaus 3 (tukipenger+rengasrouhe)	374	0,58

Kuorma q tunnelin laella voidaan arvioida analyyttisesti myös yhtälöllä 2:

$$q = C \cdot \gamma \cdot H \quad (\text{yhtälö 2})$$

missä, q = kuorma [kN/m²]

γ = täytön tilavuuspaino [kN/m³]

H = täytön paksuus tunnelin laen yläpuolella [m]

C = tunnelin ja täytön keskinäisen jäykkyyden suhteesta riippuva kerroin
("paineenkeskittymiskerroin")

Kun tunneli on ympäröivää homogeenista täytettä jäykempää, täyte puristuu kokoon tunnelin ympärillä tunnelia enemmän ja näin lisää kitkan välityksellä kuormaa tunnelin kohdalla ($C > 1,0$).

Eräs tapa saada kerroin C pieneksi on täyttää tunnelin sivut muuta täyttöä jäykemmällä maalla ja tehdä tunnelin yläpuolelle kerros myötäävästä materiaalista.

Laskennassa käytettiin jätetäytön tilavuuspainona arvoa 10 kN/m^3 , joka perustui hankesuunnitelmassa 10.1.2003 esitettyihin arvoihin (esikäsitlemätön jäte $8,5 \text{ kN/m}^3$, käsittelylaitoksen rejekti $10\text{--}11 \text{ kN/m}^3$). Laskennassa käytetyt parametrit on esitetty liitteessä 3.1. Laskennan tuloksena on saatu taulukon 14 mukaiset maksimipaineet ja kuorman keskittymiskertoimet.

7.3.2 Maanpainelaskelmat, rakennussuunnitelma

Rakennesuunnitelmaa varten tehtiin maanpainelaskentoja päivitettyllä poikkileikkauksella ja parametreilla. Laskelmat suoritettiin Plaxiksella (Ramboll, 2007a) ja Sigma/W –ohjelmistolla (Geomap, 2006).

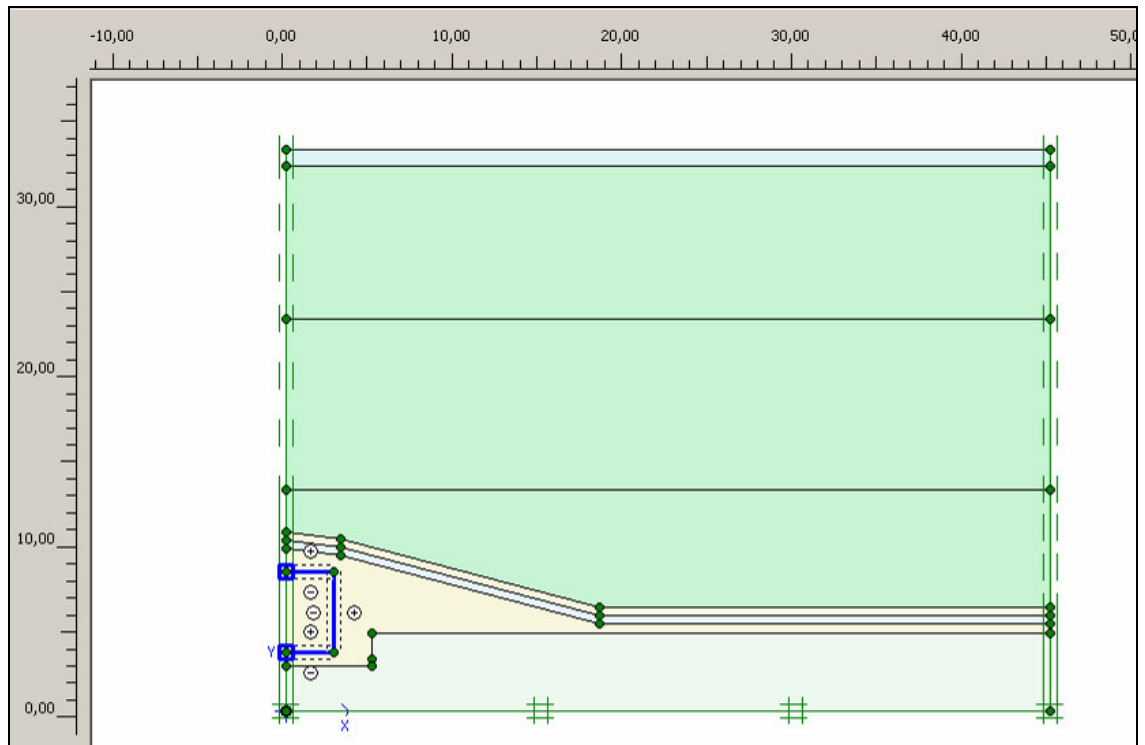
Laskelmat, Plaxis

Jätetäytön ja rakennekerrosten yhteenlaskettu paksuus huoltotunnelin harjan yläpuolella on suurimmillaan 73,5 metriä. Jätetäytön tilavuuspainon arvoina on käytetty 12 ja 15 kN/m^3 . Lisäksi Plaxiksella mallinnettiin EPS-kerros joustokerrokseksi huoltotunnelin päälle. Joustokerros pienentäisi huoltotunneliin kohdistuvia maanpaineita, mutta joustokerroksena käytettyjen materiaalien säilyvyydestä mitoitusajan (200 vuotta) ajan ei ole takeita, joten tarkastelut ovat näiltä osin lähinnä teoreettisia. (Ramboll, 2006a)

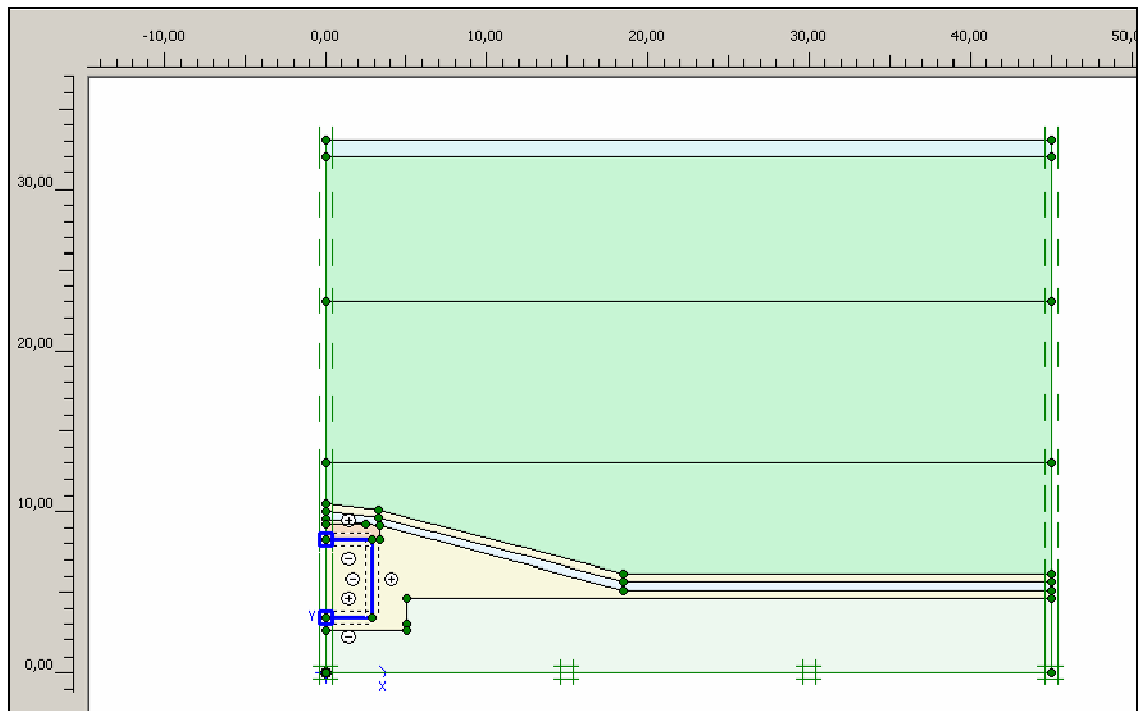
Maanpaine laskettiin kahdella eri geometriatapauksella, joista toinen oli niin sanottu perusgeometria ja toisessa on metrin paksuinen EPS-kerros huoltotunnelin päällä. Näin ollen laskentatapaukset olivat:

1. Perustapaus 1, jossa yhdyskuntajätteen tilavuuspainoksi oletetaan 12 kN/m^3 .
2. Perustapaus 2, jossa yhdyskuntajätteen tilavuuspainoksi otaksutaan 15 kN/m^3 .
3. Perustapaus 1 + EPS siten, että huoltotunnelin yläpuolelle asennetaan 1 metrin paksuinen EPS-kerros.
4. Perustapaus 2 + EPS siten, että huoltotunnelin yläpuolelle asennetaan 1 metrin paksuinen EPS-kerros.

Perustapausten laskentageometria on esitetty kuvissa 48 ja 49. Kaikissa laskennoissa käytettiin Mohr-Coulomb –maamallia. Käytetyt parametrit ovat liitteen 3.2 mukaiset.



Kuva 48. Ämmässuo, huoltotunneli. Maanpainelaskennassa käytetty geometrinen malli 1. (Ramboll, 2006)

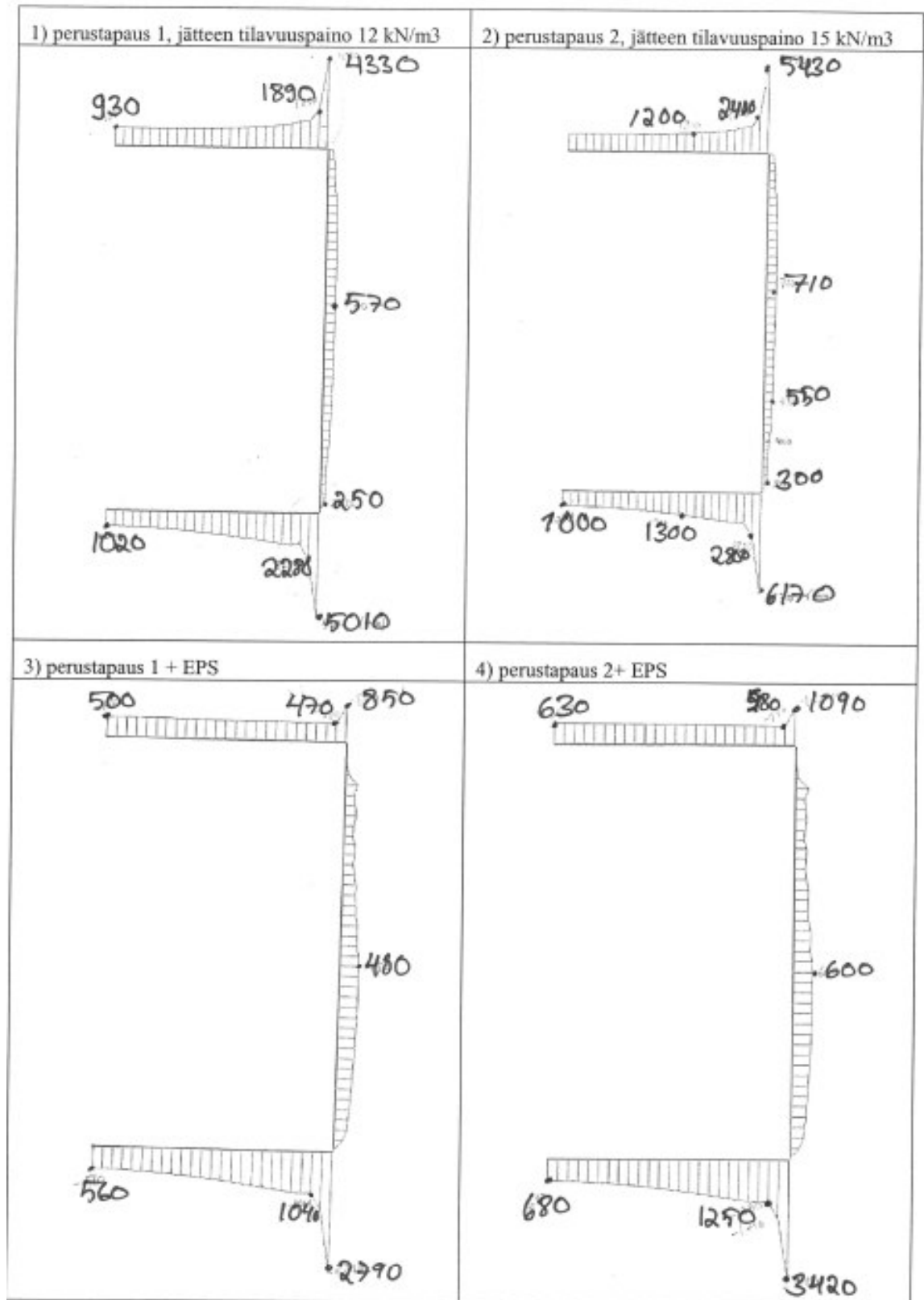


Kuva 49. Ämmässuo, huoltotunneli. Maanpainelaskennassa käytetty geometrinen malli 2, EPS-joustokerros tunnelin päällä. (Ramboll, 2006)

Kaikissa laskentatapauksissa on käytetty neljää laskentavaihetta. Kolmessa ensimmäisessä vaiheessa jätetäyttöä lisätään laskentakoordinaatiston tasolta +10,5 tasolle +32. Viimeisessä vaiheessa lisätään pintakerros. Pintakerroksella tarkoitetaan laskennassa metrin paksuista maakerrosta, jonka tilavuuspaino on asetettu vastaamaan

noin 50 metrin jätetäyttöä 12 tai 15 kN/m³ tilavuuspainolla laskentatapauksesta riippuen.

Kuvassa 50 on esitetty maanpaineen kehittyminen huoltotunnelin rakenteita vasten laskentatapauksissa 1-4.



Kuva 50. Ämmässuo, huoltotunneli. Maanpainet huoltotunnelin rakenteita vasten laskentatapauksissa 1-4 [kPa].

Taulukossa 15 ja 16 on esitetty laskennan tulokset vaiheen 4 jälkeen numeerisina. Esitetyt maksimi-arvot sijoittuvat huoltotunnelin nurkkien kohdalle (kts kuva 50) eli seinälinjoille. Rakenteiden (palkkien) osalta tulokset ovat suuntaa antavia. (Ramboll, 2006)

Taulukko 15. Ämmässuo, Huoltotunneli. Laskentatapausten tulokset, maanpaine (Ramboll, 2007a).

no.	Laskentatapaus	Maanpaine, keskimääräinen			
		[kN/m ²]			
		katto	seinä	lattia	max
1	jätetäyttö 12 kN/m ³	1000	570	1020	5010
2	jätetäyttö 15 kN/m ³	1300	710	1300	6170
3	jätetäyttö 12 kN/m ³ + EPS	500	480	800	2790
4	jätetäyttö 15 kN/m ³ + EPS	630	600	900	3420

Taulukko 16. Ämmässuo, Huoltotunneli. Laskentatapausten tulokset, maksimivoimasuureet huoltotunnelirakenteessa pituusmetriä kohden. (Ramboll, 2007a)

no.	Laskentatapaus	momentti	leikausvoima	normaalivoima
		[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]
1	jätetäyttö 12 kN/m ³	2020	-3340	-3720
2	jätetäyttö 15 kN/m ³	2490	-4130	-4610
3	jätetäyttö 12 kN/m ³ + EPS	1360	-2180	-2300
4	jätetäyttö 15 kN/m ³ + EPS	1670	-2690	-2840

Laskelmat, Sigma/W

Huoltotunnelin rakennesuunnittelusta vastaava Finnmap Consulting teetti myös Geomap Oy:llä maapainelaskelman. Geomap teki laskelman geotekniseen laskentaan kehitetyllä Sigma/W ohjelmistolla (ver. 6.17). Käytetty ohjelmisto perustuu myös elementtimenetelmään (Finite Element Method). (Geomap, 2006)

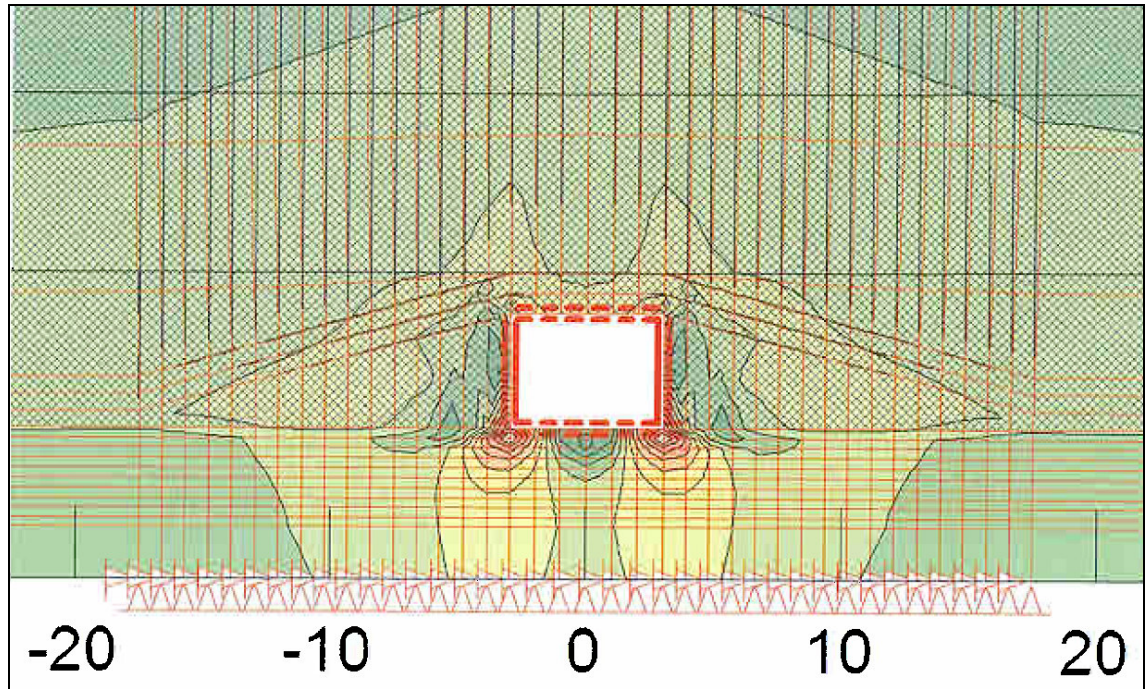
Tehty laskenta perustui poikkileikkaustarkasteluun, jossa malli on rajoitettu 100 metrin levyiseksi kumpaankin suuntaan. Laskelmissa on käytetty 70 metrin täyttöpaksuutta tunnelin katolla. Täyttö on simuloitu siten, että vuosittain rakennetaan 5 metrin paksuinen täyttökerros, tällöin 70 metrin täyttöpaksuus saavutetaan 14 vuoden kuluttua. (Geomap, 2006)

Laskennoissa materiaaleille on käytetty lineaari-elastista materiaalmallia ja käytetyt parametrit on esitetty liitteellä 3.3.

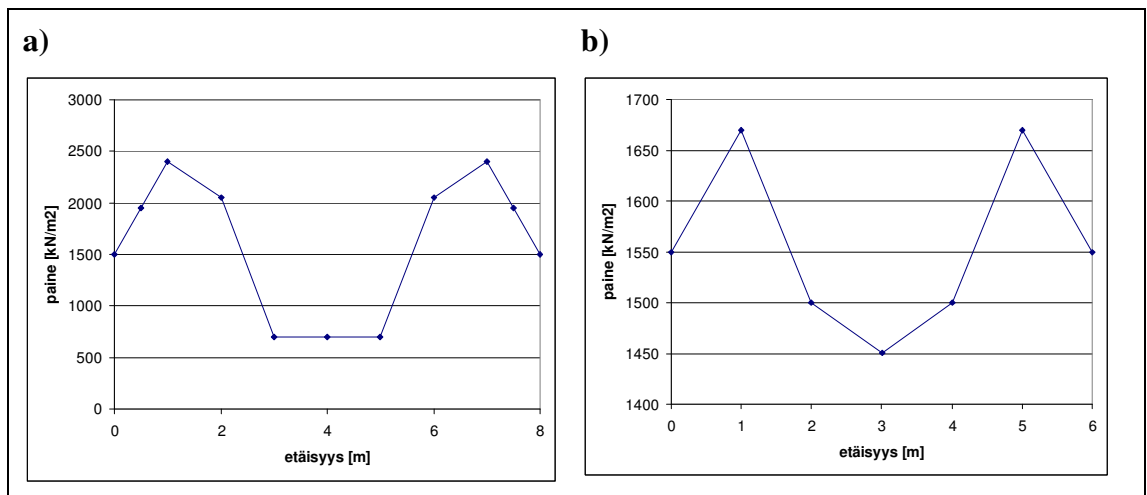
Maapainelaskenta on suoritettu käyttäen jätteen tilavuuspainoina arvoja 12 kN/m³ ja 15 kN/m³. Tunneli on mallinnettu Sigma/W:n Structural Beam –elementeillä, jonka E-

moduulina on käytetty arvoa $2,74 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^2$ ja jäyhyysmomenttina $0,768 \text{ m}^4$. (Geomap, 2006)

Kuvissa 51 ja 52 on esitetty paineen jakautuminen huoltotunnelin ympäristössä jätetäytön tilavuuspainon ollessa 15 kN/m^3 .



Kuva 51. Ämmässuo, huoltotunneli. Paineen jakautuminen huoltotunnelin ympäristössä, jätetäyttö 15 kN/m^3 . (Geomap, 2006)



Kuva 52. Ämmässuo, huoltotunneli. Paineen jakautuminen huoltotunnelin ympäristössä, jätetäyttö 15 kN/m^3 . a) Huoltotunnelin pohjan paine, pohjan arvioitu leveys 8 m. b) Huoltotunnelin katon paine, katon arvioitu leveys 6 m. (Geomap, 2006)

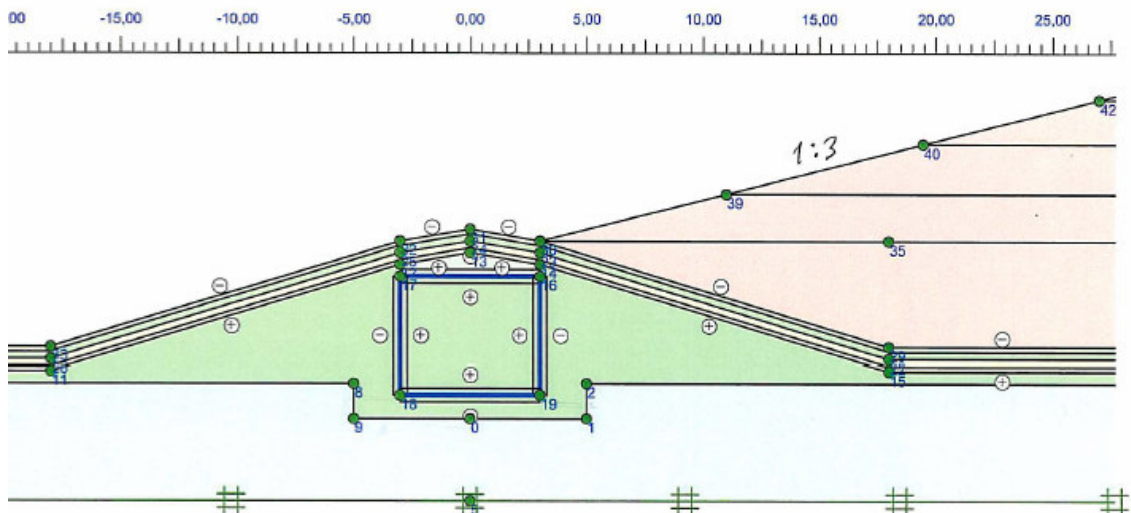
Laskelmat, GTSTRUDEL

Maanpainenlaskelmat Plaxis- ja Sigma/W -ohjelmilla tehtiin rakennemitoitusta varten. Lopullisen rakennemitoituksen teki Finnmap Consulting Oy mallintamalla huoltotunnelin 3D-kehäelementeillä siltana GTSTRUDL FEM -ohjelmalla.

Mitoitettavissa laskelmissa täytön paksuudeksi on valittu 71,5 metriä ja maanpaineeksi huoltotunnelin katolla 1285 kN/m^3 ja rakenteen sivulla 450 kN/m^2 . Kyseisten maanpaineiden arvot on valittu olettamalla täytön tilavuuspainoksi $13,5 \text{ kN/m}^3$ ja jakautuma kuvien 52-54 mukaiseksi. Valittu kuorma vastaa tasaiseksi kuormaksi oletettuna tilavuuspainoa noin 18 kN/m^3 . (Finnmap Consulting, 2006)

7.4 TOISPUOLEINEN TÄYTTÖ

Laajennusalueen eri täyttövaiheiden aikana huoltotunneliin kohdistuu mahdollisesti toispuoleinen sivuttaiskuormitus. Sivuttaiskuormituksen vaikutus huoltotunneliin tarkistettiin Plaxis-laskelmalla. Laskelman perusteella huoltotunneli kestää hyvin sivuttaista kuormitusta ja todetut siirtymät olivat luokkaa 1...2 mm sivusuunnassa, vaikka jätetäyttö toteutettaisiin korkeana ja luiskakaltevuudella 1:3. Kuvassa 53 on esitetty sivuttaiskuormitustapauksen Plaxis-malli. (Ramboll, 2008b)

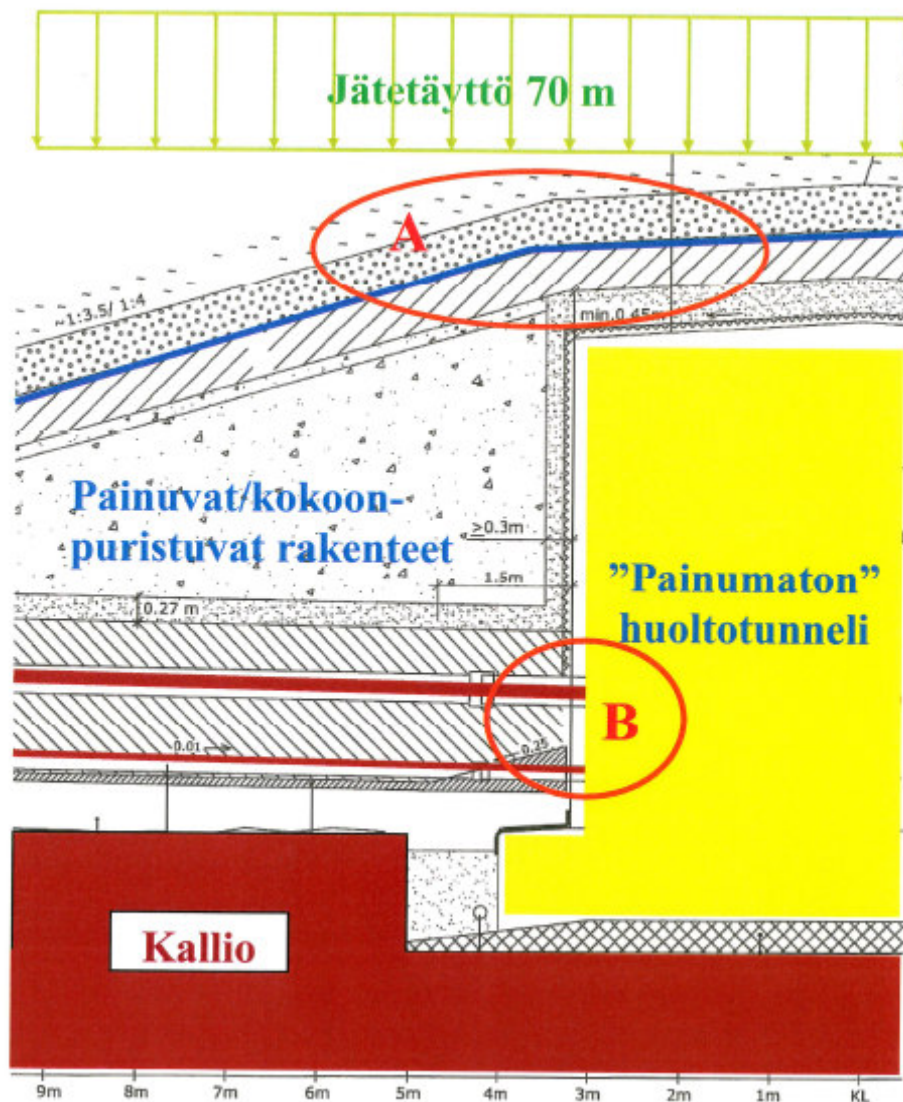


Kuva 53. Ämmässuo, huoltotunneli. Toispuoleisen kuormituksen aiheuttaman siirtymäriskin arvioinnissa käytetty laskentamalli (Ramboll, 2008b).

7.5 SIIRTYMÄRAKENTEIDEN MITOITUS

Ämmässuon kalliolle perustettua huoltotunnelia voidaan pitää painumattomana rakenteena. Huoltotunnelin ympärystäyttö ja rakennekerrokset on rakennettu likimain kokoonpuristumattomista rakenteista, kuten kalliomurske. Kun huomioidaan tuleva jätetäyttö (noin 70 metriä), ovat huoltotunnelin ja rakennekerrosten jäykkyydet kuitenkin eri suuruusluokkaa. Suuren kuormituksen alla tapahtuu rakennekerroksissa kokoonpuristumista, joka aiheuttaa rakenteisiin (putket, tiivisterakenteet) lisäjännityksiä ja muodonmuutoksia. (Ramboll, 2007b)

Laskelmissa tarkistettiin painumaerojen vaikutus HDPE-kalvoon ja suoto- ja tarkkailusalaojaputkiin. Kuvassa 54 on esitetty tarkastelukohdat.



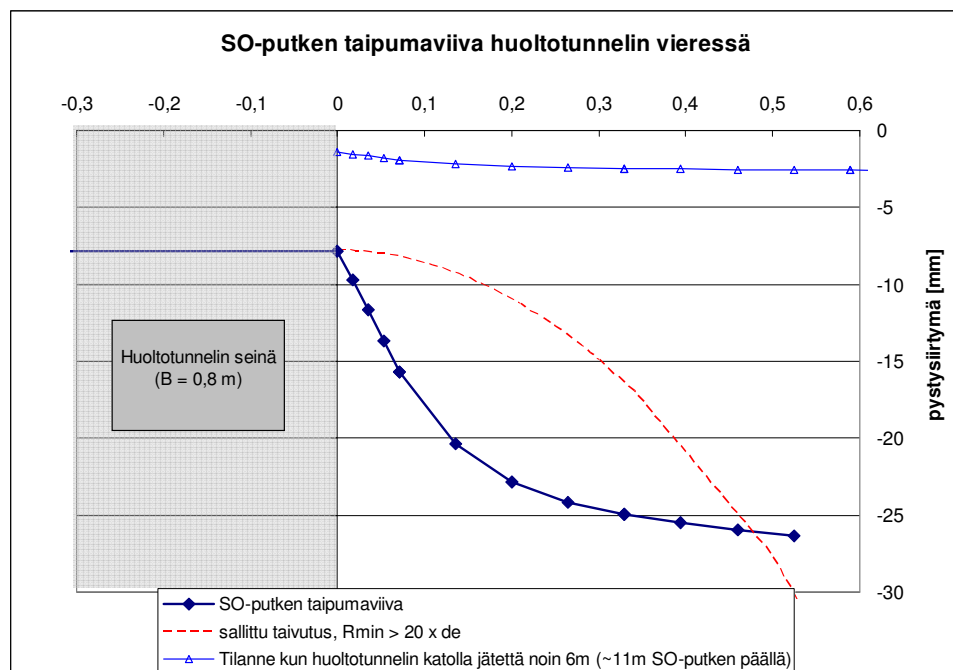
Kuva 54. Ämmässuo, huoltotunneli. Siirtymärakenteiden tarve tarkastettiin muun muassa kuvassa esitettyjen rakenteiden osalta. A) HDPE-kalvon muodonmuutokset ja jännitykset tunnelin viereisten rakenteiden kokoonpuristuessa. B) Suoto- ja tarkkailusalaojien taivutus ja leikkautuminen.

Salaojien liitos tunneliin

Rakennekerrosten kokoonpuristuminen huoltotunnelin vierellä aiheuttaa riskejä suoto- ja tarkkailusalaojien ja huoltotunnelin liitoksiin. Eri tapauksia on tutkittu Plaxis-malleilla.

Plaxis-laskelmassa putki mallinnettiin palkkina, jolle annettiin putken materiaaliominaisuuksista ja dimensioista muodostuvat jäykkyydet (aksiaalijäykkyys EA ja taivutusjäykkyys EI). Putki lävistää 0,8 m paksun huoltotunnelin betoniseinän ja kulkee tämän jälkeen tunnelin vierustäytössä. Putki asennettiin huoltotunnelin seinään valun yhteydessä ja näin ollen liitos mallinnettiin laskennassa jäykkänä.

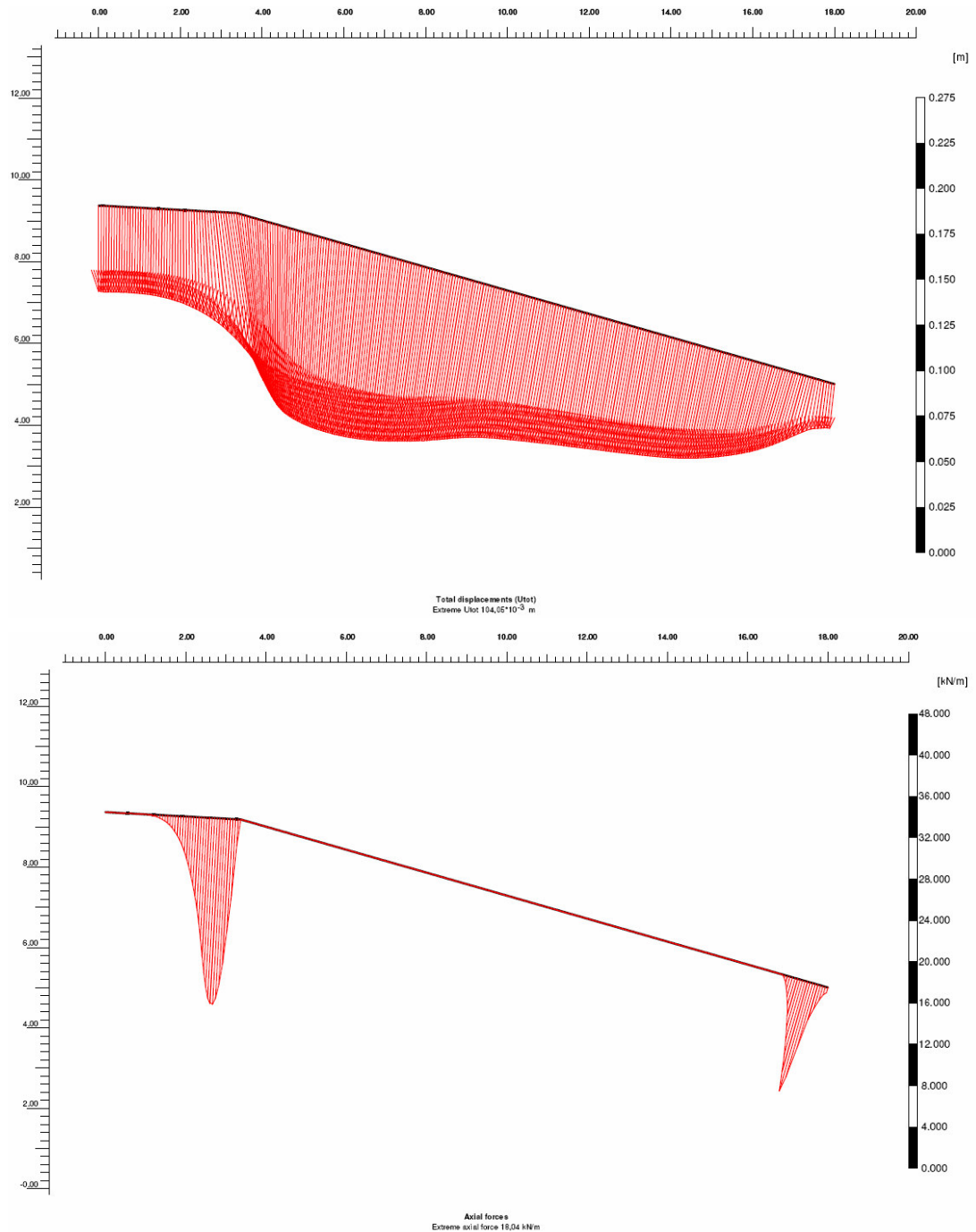
Suotovesiputkelle on määritetty minimitaivutussäde 6,3 metriä, joka lasketaan putkivalmistajan mukaan yhtälöstä $r_{\min} = 20 \times d_e$ (Simona, 2004). Kuvassa 55 on esitetty laskentojen tuloksena saatu suotovesiputken taipumaviiva ilman siirtymärakenteita jätetäytön paksuuksilla noin 10 ja 70 m sekä sallittu taipumaviiva.



Kuva 55. Ämmässuon huoltotunneli. SO-putken taipumaviiva ilman siirtymärakenteita jätetäytön paksuuksilla noin 10 m (▲) ja 70 m (◆) ja sallittu taipumaviiva putkitoimittajan salliman pienimmän taivutussäteen avulla (----). Taipumaviivan ja seinän kohtauspisteessä näkyy tunnelin painuma (pystysiiirtymä = tunnelin pohjan painuma ja seinän kokoonpuristuma) eli noin 2 mm 10 m jätetäytöllä ja noin 8 mm 70 mm jätetäytöllä. (Ramboll, 2007b)

HDPE-kalvo tunnelin kulmalla

HDPE-kalvoon kohdistuvien siirtymistä aiheutuvien voimien suuruutta on arvioitu eri laskentatapauksissa, joissa on mallinnettu rakenne ilman siirtymärakennetta ja eri tyyppisillä ja eri kohtiin sijoitetuilla siirtymärakenteilla. HDPE-kalvon siirtymät ja jännitys eräässä laskentatapauksessa on esitetty kuvassa 56. (Ramboll, 2007b)



Kuva 56. Ämmäsuon huoltotunneli, geomembraanin siirtymä ja aksiaalijännitys, kun siirtymärakenteita ei käytetä ja jätetäytön paksuus on 70 m. (Ramboll, 2007b)

Kuvan 56 laskentatapauksessa kalvoon muodostuvaksi aksiaaliseksi jännitykseksi on saatu 18,04 kN/m. Kyseisessä laskentatapauksessa kalvon moduuli on ollut 1125 kN/m, joten kalvon maksimivenymäksi on saatu noin 1,6 %. (Ramboll, 2007b)

Huoltotunneliin toteutetut siirtymärakennetyypit valittiin muun muassa sijainnin ja jätetäytön paksuuden perusteella siten, etteivät suoto- tai tarkkailusalojaputkiin tai HDPE-kalvoon muodostuvat jännitykset ja muodonmuutokset ole sallittuja suurempia (Ramboll, 2007b). HDPE-kalvon mitoituskriteerinä pidettiin 3 %:n muodonmuutosta (suurin sallittu mitoitusvenymä, yksiulotteinen muodonmuutos) (Syke, 2002).

7.6 VEDENPAINE

Vedenpaineen muodostumista huoltotunnelia vasten ei ole pidetty mitoituksen kannalta merkittävänä tekijänä. Laskelmissa veden pinta on oletettu huoltotunnelin alapuolelle ja näin ollen jätetäyttö on oletettu kuivaksi. Tehokkailla kuivatusrakenteilla estetään vedenpaineen mahdollinen muodostuminen kaatopaikan pohjan tiivistysrakenteita vasten. (Ramboll, 2006a)

Kaatopaikan pohjan paksuudeltaan ja vedenläpäisevyydeltään erilaisten tiivistysrakenteiden keskinäisessä vertailussa voidaan käyttää oletuksena yhden metrin korkuista vesipatsasta tiivistysrakenteen yläpinnassa. Yksinkertaistetussa laskennassa oletetaan kerros vedellä kyllästetyksi ja Darcyn lain olevan voimassa. (Syke, 2002)

8 TERÄSBETONIRAKENTEET

Huoltotunneli koostuu kolmesta haarasta ja hätäpoistumistiestä. Huoltotunnelin 1. rakennusvaihe (rakennettu 2006...2007) käsittää huoltotunnelin pohjoispään ja hätäpoistumistien.

Huoltotunnelin mitoituksessa käytetty ulkoinen kuormitus perustuu Ramboll Finland Oy:n ja Finnmap Oy:n tekemiin maanpamelaskelmiin. Jätetäytön maksimikorkeudeksi rakennekerroksineen on oletettu ympäristöluvan mukaisesti taso +125. Tunnelin päälle tulevan täytön korkeus on siten enimmillään noin 71 m. Betonirakennetta mitoitettaessa jätetäytön tilavuuspainona on käytetty arvoa $13,5 \text{ kN/m}^3$. Maanpaineen epätasainen jakautuminen on mitoituksessa otettu huomioon. Mitoituskuormana tunnelin katolla on käytetty arvoa 1285 kN/m^2 , joka tasan jakautuneena kuormana vastaa tilavuuspainoa noin 18 kN/m^3 . Mitoittavaksi tekijäksi muodostuu käyttötilan halkeamaleveys. (Finnmap Consulting, 2006)

Mitoituksen mukaan huoltotunnelin rakennevahvuuksien kuvan 46 mukaiselle poikkileikkaukselle on oltava seuraavat:

- seinät 800 mm
- katto: harjan kohdalla 1700 mm, sivuilla 1500 mm
- pohjalaatta 1000 mm

Jätteenkäsittelypaikkojen betonirakenteiden erityisvaatimuksia on käsitellyt Charlotta Monto (2005) diplomityössään ”Jätteenkäsittelypaikkojen betonirakenteet”.

Huoltotunnelin betonirakenteiden rasitusluokka on XC4, XD3, XF2, XA3 (katon sisäpinta XA2) ja suunnittelukäyttöikä 200 vuotta. Huoltotunnelin rakenteissa käytetty sementti on sulfaatinkestävää. Betonin nimellislujuus on K50. Betonilta vaadittavat ominaisuudet on määritetty ottaen huomioon poikkeuksellisen aggressiiviset ympäristöolosuhteet ja pitkä käyttöikä. Poikkisuunnassa rakenne on mitoitettu teräsbetonirakenteena siten, että vaadittuja halkeamaleveyksiä ei ylitetä. Rasitusluokasta ja suunnittelukäyttöiästä johtuen sallittu halkeamaleveys on vain 0,05 mm (katon sisäpinnassa 0,10 mm), joka määrää täysin rakenteen mitoituksen. Tunnelin rakenteiden varmuus murtotilassa on noin 1,7...3,0-kertainen vaadittuun nähden. (Finnmap Consulting, 2006)

Huoltotunneli on jaettu liikuntasaumoilla 40 metriä pitkiin osiin. Osat on jännitetty rakenteen pituussuunnassa tartunnattomilla, muovipäällysteisillä jännepunoksilla siten, että rakenteen pituussuuntaisesta kutistumasta aiheutuva halkeilu saadaan eliminoitua.

Huoltotunneli on katon ja seinien osalta vesieristetty. Vesieristeenä toimii rakenteen ulkopinnalle asennettava kaksinkertainen kumibitumikermi.

9 HUOLTOTUNNELIN RAKENTAMINEN

9.1 HUOLTOTUNNELIN VAIHEET

Ämmässuon kaatopaikan nykyisen jätetäyttöalueen läjitys on loppunut VnP 1049/99:n määräysten mukaisesti 1.11.2007 ja jätteiden loppusijoitus on siirtynyt laajennusalueelle. Laajennusalue on suunniteltu otettavaksi käyttöön jätemääristä ja laadusta riippuen kolmessa vaiheessa, joista ensimmäinen marraskuun 2007 aikana.

Huoltotunnelin kokonaispituus tulee lopullisessa tilanteessa olemaan noin 1440 metriä, joka jakautuu rakennusvaiheittain taulukon 17 mukaisesti.

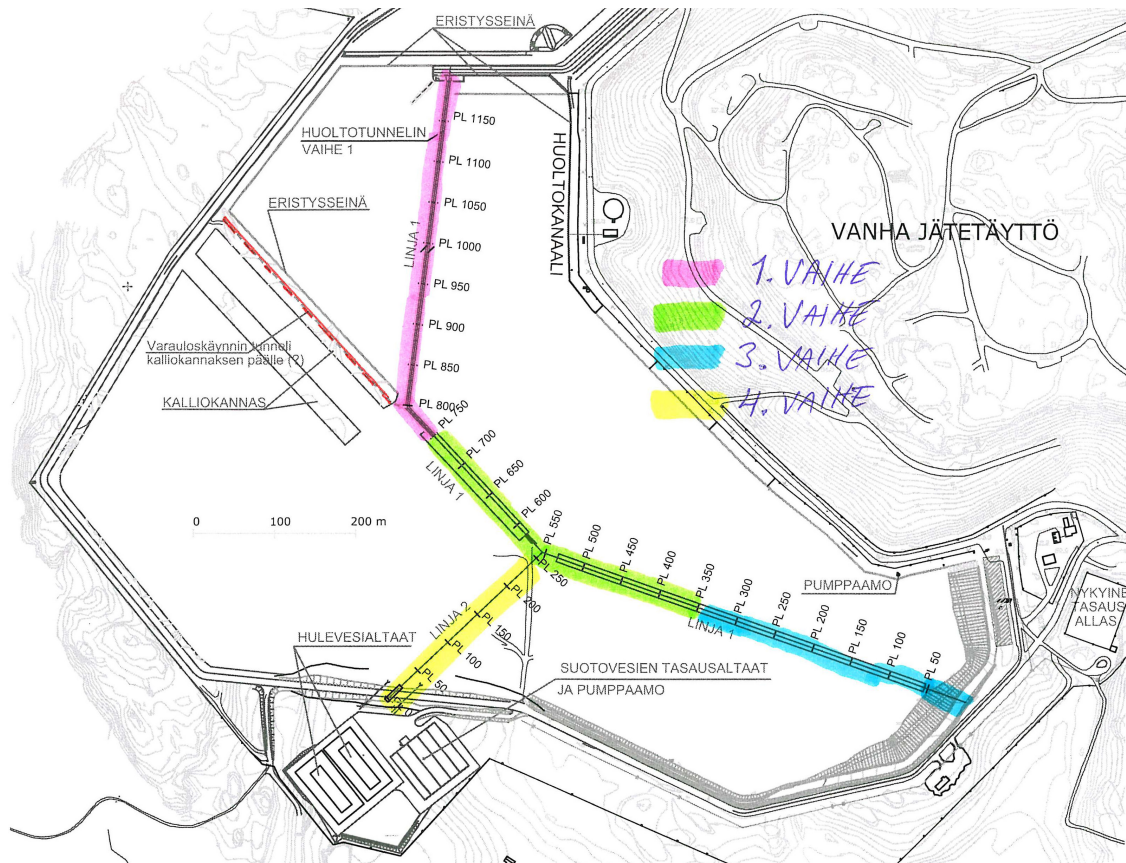
Kuvassa 57 on esitetty Ämmässuon huoltotunnelin rakennusvaiheet. Huoltotunnelin rakennusvaiheet voivat muuttua loppusijoitettavan jätteen määrän ja laadun muutosten mukaisesti. Määrään ja laatuun vaikuttavat muun muassa mahdollisen jätteenpolttolaitoksen rakentaminen.

Taulukko 17. Ämmässuon huoltotunnelin toteutuneet, suunnitellut ja arvioidut rakennusvaiheet.

Rakennusvaihe	PLV, likimääräinen	Yhteensä	Rakennusajankohta
1.	PLV 750 – 1200 ja varauloskäynti* (noin PL 800 kohdalla), linja 1	450 jm	2006...2007 (2008 varauloskäynnin hissikuilu)
2.	PLV 350 – 750, linja 1	400 jm	2010...2012 (arvio)
3.**	PLV 0 – 350, linja 1	350 jm	2015...2017 (arvio)
4.	PLV 0 – 260, linja 2	260 jm	?
		$\Sigma = 1460 \text{ jm}$	

* Varauloskäynnin tunneli tuhkalokeron kalliokannaksen päälle rakennettaneen 2020-luvulla (?)

** Rakennettaneen aluksi ”kevytversiona”. Täydennetään myöhemmin jätetäytön kuorman kestäväksi.



Kuva 57. Ämmässuon huoltotunneli, huoltotunnelin rakennusvaiheet.

9.2 HUOLTOTUNNELIN ENSIMMÄINEN VAIHE

9.2.1 Urakkamuoto ja organisaatio (rakentaminen ja suunnittelu)

YTV:n hallitus päätti kokouksessaan toukokuussa 2006 tilata rakennusurakan ”U 6610 huoltotunneli, vaihe 1” projektinjohtourakkana SRV Teräsbetoni Oy:ltä. Rakennusurakan aloituskokouksessa todettiin, että hankkeen kannalta on tärkeää, että rakennuttaja osallistuu hankintapäätöksiin yhdessä projektinjohtourakoitsijan kanssa. Varsinaisten rakennustöiden valvonta toteutettiin niin sanottuna rakennuttajavalvontana. Rakennustöiden lopputarkastuksen suoritti rakennusvalvontaviranomainen. Huoltotunnelin 1. vaiheen projektioorganisaatio on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Ämmässuon huoltotunneli, 1. rakennusvaiheen projektioorganisaatio.

Tehtävä	Organisaatio
Rakennuttaja	YTV
Projektinjohtourakoitsija	SRV Teräsbetoni Oy
Pääsuunnittelija	Ramboll Finland Oy
Rakennesuunnittelija	Finnmap Oy
LVIS-suunnittelija	Air-Ix Oy

Huoltotunnelin rakentamista on seurattu työmaakäynnein. Rakentamisen etenemisestä ja rakenteista on esitetty valokuvat 59 – 85.



Kuva 59. Ämmässuon huoltotunneli, laajennusalueen eteläpäässä huoltotunnelille louhitun uran pohjalle valettu betonilaatta. Huoltotunnelin 3. vaihe rakennetaan kuvassa näkyvään uraan aluksi todennäköisesti kevytversiona noin v. 2015...2017 ja täydennetään myöhemmin jätekuorman kestäväksi. (21.4.2006)



Kuva 60. Ämmässuon huoltotunneli, laajennusalueen pohjoispäähän on rakennettu huoltotunnelin 1.vaihe huoltotunnelille kaatopaikan pohjalle huoltotunnelia varten louhittuun uraan. Irtilouhintatason päällä on murskeesta rakennettu täyttö. (22.11.2005)



Kuva 61. Ämmässuon huoltotunneli. Irtilouhintatason päällä on murskeesta rakennettu täyttö. Rakennusaikaisen täytön löyhtymisen estämiseksi täytön pinta asfaltoitiin, jonka päällä aloitettiin pohjalaattojen muotti- ja raudoitustyöt. (12.7.2006)



Kuva 62. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunnelin pohjalaatan raudoitusta. (28.6.2006)



Kuva 63. Ämmäsuon huoltotunneli. Pohjalaatan betonointia. (11.7.2006)



Kuva 64. Ämmäsuon huoltotunneli. Suotovesien keräily- ja tiivisterakenteen tarkkailusaloajalinjat viedään kaatopaikan pohjan tiivisterakenteiden läpi noin 17...18 metriä huoltotunnelilinjasta. Linjat tullaan yhdistämään huoltotunnelin seinän läpi huoltotunnelissa kulkeviin keräilyputkistoihin. Pohjarakenne jatkuu yhtenäisenä huoltotunnelin rakentamisen jälkeen tunnelin yli yhdistyen länsipuolen pohjarakenteeseen huoltotunnelin toisella puolella. (3.8.2006)



Kuva 65. Ämmäsuon huoltotunneli. Suotovesien keräilylinjan läpivientielementti valmistuksen jälkeen ja asennettuna. Kaatopaikan pohjan tiivisterakenteen HDPE-kalvo on hitsattu betoniin kiinnitettyyn kalvoon siten, että kalvo säilyy yhtenäisenä ja tiiviinä koko kaatopaikan pohjan alueella myös läpivientien kohdalla. HDPE-kalvon päällä on sitä suojaava geotekstiili. (kuva vasemmalla 28.6.2006 ja kuva oikealla 25.7.2006)



Kuva 66. Ämmäsuon huoltotunneli. Huoltotunnelin seinien ja katon betonointia. (31.8.2006)



Kuva 67. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunneli on jaettu 40 metriä pitkiin lohkoihin, joiden välissä on liikuntasaumamat. Lohkojen muotitus-, raudoitus- ja betonointityöt etenevät eri vaiheissa lohko kerrallaan. (17.10.2006)



Kuva 68. Ämmässuon huoltotunneli. Valmiiksi betonoitu lohko muottien purun jälkeen. Vaatimusten mukaan betonipinnan on oltava sisäpuolella AA- ja ulkopuolella A-luokkaa. (2.11.2006)



Kuva 69. Ämmäsuon huoltotunneli. Huoltotunneli on vesieristetty ja lämmöneristetty XPS-eristelevyllä.
(16.11.2006)



Kuva 70. Ämmäsuon huoltotunneli. Suoto- ja tarkkailusalaajat liittyvät tunneliin 40 metrin välein.
(16.11.2006)



Kuva 71. Ämmäsuon huoltotunneli. Suotovesien keräily- ja tarkkailusalaajalinjat liittyvät huoltotunnelin seinän läpi sisällä kulkeviin keräilyputkistoihin. (2.11.2006)



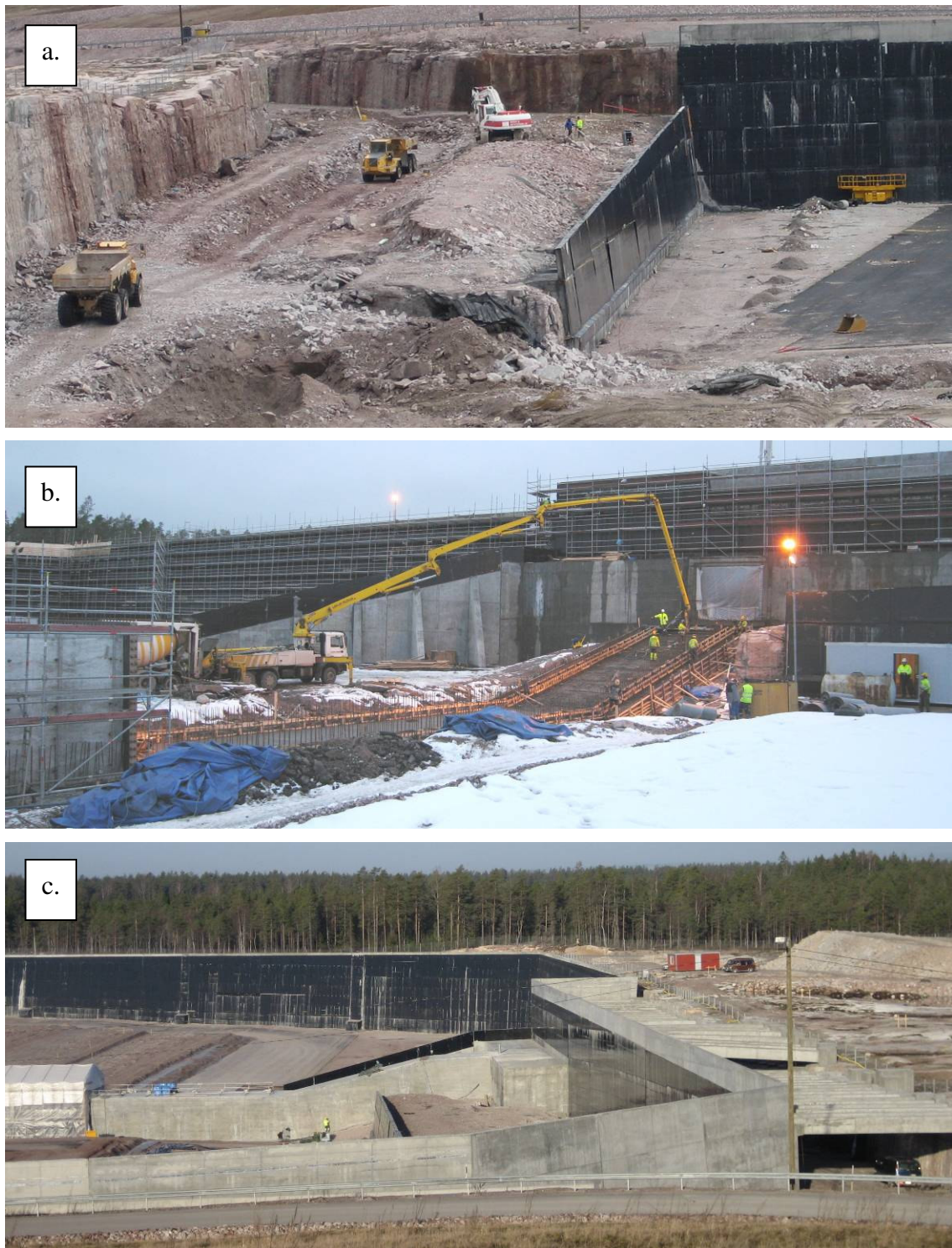
Kuva 72. Ämmäsuon huoltotunneli. Suotovesien keräily- ja tarkkailusalaajalinjat huoltotunnelin seinässä ennen valua ja ulkomuottia. Vuoto putken ulkopintaa pitkin estetään laipparakenteella. Huoltotunnelin sisäpintaan tehdyillä varauksilla aikaansaadaan sisäpuolisten asennusten vaatima tila huoltotunnelin sisällä. (16.11.2006)



Kuva 73. Ämmässuon huoltotunneli. Suotovesiputki. Putken halkaisija on 315 mm ja seinämävahvuus 28,6 mm (SDR 11). Putkimateriaalina on PE100. Putken sisäpuoli on valkoinen, mikä helpottaa putkien monitorointia (videokuvaus). (28.6.2006)



Kuva 74. Ämmässuon huoltotunneli. Tarkkailusalaajat sijoittuvat jiirien pohjille tarkkailusalaajakerrokseen. Tiivisteasfaltin päällä valuvan veden ohjaamiseksi putkiin on jiiri jaettu osiin asfalttipadoin, jolloin mahdollisen vuodon pystyisi paikallistamaan tietylle alueelle. (7.7.2006)



Kuva 75a-c. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunnelin pohjoispää. a) Tulevalle täyttöalueelle louhitaan ajoyhteys laajennusalueen pohjoispäästä (21.4.2006). Huoltotunnelin pohjoinen sisäänkäynti sijoittuu pohjoisen ajoyhteyden varteen. b) Huoltotunnelin pohjalaattojen betonointia huoltotunnelin pohjoispäässä. (16.11.2006) c) Huoltotunnelin pohjoispää liitetty pohjoiseen ajoyhteyteen. Pohjoinen ajoyhteys katettaneen myöhemmin. (28.3.2007)



Kuva 76. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunnelin 1. rakennusvaiheen eteläisimmän (viimeisen) lohkon pohjalaatan raudoitusta. Lohkon jänneteräket näkyvät etualalla. (16.11.2006)



Kuva 77. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunnelin 1. rakennusvaiheen eteläinen sisäänkäynti rakenteilla (vasemmalla 9.5.2007)) ja valmiina (oikealla 18.10.2007).



Kuva 78. Ämmäsuon huoltotunneli. Huoltotunnelin vierustäyttö rakenteilla. (6.6.2007)



Kuva 79. Ämmäsuon huoltotunneli. Huoltotunneli ylitetään poikkisuunnassa kaatopaikan pohjarakenteilla. (27.9.2007)



Kuva 80. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunnelin harjan päälle rakennetaan runkotie kaatopaikan täyttösuunnitelman mukaisesti. Huoltotunnelin vieressä rakennetaan kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmään kuuluvaan kaasunkeräyskaivoa. (27.9.2007)



Kuva 81. Ämmässuon huoltotunneli. Näkymä huoltotunneliin pohjoiselta sisäänkäynniltä. (18.10.2007)



Kuva 82. Ämmäsuon huoltotunneli. Näkymä huoltotunnelin sisältä rakennusvaiheessa ennen luovutusta. (18.10.2007)



Kuva 83. Ämmäsuon huoltotunneli. Suotovesien keräily- ja tarkkailusalaajaputkien liittyminen keräilyputkistoihin. (18.10.2007)



Kuva 84. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunnelissa on kunkin suotovesiputkiliittymän kohdalla kohdekohtainen tehostettu ilmanvaihto huoltotoimien aikana. Alhaalla keskellä näkyy suotovesien keräilyputken tarkastusluukku. (18.10.2007)



Kuva 85. Ämmässuon huoltotunneli. Huoltotunneli on jaettu palo-osastoihin. (18.10.2007)

10 HUOLTOTUNNELIN KUSTANNUKSET

Taulukossa 19 on esitetty alustava kustannusarvio huoltotunnelin ensimmäisestä rakennusvaiheesta. Lisäksi taulukossa on esitetty kustannusarvio (kursiivilla) koko huoltotunnelin rakentamiseksi. Huoltotunnelin pituutena ensimmäisen rakennusvaiheen osalta on käytetty 450 metriä ja koko huoltotunnelin pituutena 1460 metriä. Huoltotunnelin ensimmäisen rakennusvaiheen kustannuksiksi saadaan taulukon 19 mukaan noin 8,3 milj.€, eli noin 18 400 €/huoltotunneli-jm. (Ramboll, 2005a)

Muissa rakennusvaiheissa kustannukset (€/m) todennäköisesti laskevat, koska suuri osa huoltotunnelin vaatimista kiinteistä laitteista, kuten sähköpääkeskukset, hankitaan rakennettaessa huoltotunnelin ensimmäistä vaihetta. Taulukossa ei ole huomioitu edellä kuvattua mahdollista kustannusten laskua koskien koko huoltotunnelin rakentamista.

Taulukko 19. Ämmäsuon huoltotunnelin 1. rakennusvaiheen kustannusarvio sekä alustava arvio koko huoltotunnelin rakentamisesta (arviot on merkitty kursiivilla).

	1. Rakennusvaihe		koko huoltotunneli*
	€	€/jm	€
Teräsbetonirakenteet	5 850 000	13 000	18 980 000
teräsbetonirakenteet	5 850 000	13 000	18 980 000
LVI –järjestelmät	210 000	467	681 333
ilmastointi	75 000	167	243 333
vesijohdot, viemärit ja lämmitys	110 000	244	356 889
automaatiikka	25 000	56	81 111
Sähköjärjestelmät	280 000	622	908 444
jakelujärjestelmät	140 000	311	454 222
laitteistojen sähköistys	30 000	67	97 333
valaistus	110 000	244	356 889
Heikkovirtajärjestelmät	210 000	467	681 333
puhelinjärjestelmät	35 000	78	113 556
paloilmoitinjärjestelmä	75 000	167	243 333
langattomat viestijärjestelmät	45 000	100	146 000
kaasuvalvontajärjestelmä	55 000	122	178 444
Putkistot	1 728 000	3 840	5 606 400
kokoojaputkisto	1 070 000	2 378	3 471 556
mittaus- ja näytteenottovaunu	10 000	22	32 444
kameravaunu	100 000	222	324 444
huoltovaunu	50 000	111	162 222
muut kulut**	500 000	1 111	1 622 222
YHTEENSÄ	8 278 000	18 396	26 857 511 €

* koko huoltotunnelin kustannukset on laskettu kertomalla ensimmäisen rakennusvaiheen metrihinta huoltotunnelin lopullisella pituudella (1460 m)

**muilla kuluilla tarkoitetaan työmaan yleiskustannuksia, yleiskuluja ja urakointia

11 YHTEENVETO

Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan jätteenkäsittelykeskuksessa Ämmässuolla vastaanotetaan pääkaupunkiseudun yhteensä yli miljoonan asukkaan ja 50 000 yrityksen jätteet. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus on pohjoismaiden suurin yhdyskuntajätteen kaatopaikka.

Jätteenkäsittelykeskuksen vanha jätetäyttöalue oli suljettava viranomaispäätösten (VNp 861/97 ja 1049/99) määräyksiin perustuen viimeistään 1.11.2007. Vanhan täyttöalueen länsipuolelle sijoittuvan laajennusalueen suunnittelu on aloitettu vuonna 1990 ja rakentaminen vuonna 1992 louhintatöillä. Laajennusalueen varsinaisten kaatopaikkarakenteiden tekeminen on aloitettu vuonna 2004 pohjan muotoilulla.

Laajennusalueelle tuleva jätetäyttö eristetään ympäristöstään tiivisterakenteiden avulla. Tiivisterakenteet muodostavat jätteen ympärille ”ammeen”, jolla estetään haitallisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön. Tiivisterakenteiden oleellinen osa on kuivatuskerros, joka koostuu vettä hyvin läpäisevästä materiaalista ja suotoveden keräilyputkista. Kuivatuskerroksen avulla jätetäytön pohjalle kertyvä suotovesi johdetaan käsittelyyn. Suotoveden mahdollinen kertyminen kaatopaikan pohjalle aiheuttaisi vettäläpäisemättömiä kerroksia vasten hydrostaattisen paineen ja näin ollen lisäisi vuodon riskiä. Tehokkaan kuivatuksen varmistamiseksi on Ämmässuolla päädytty ratkaisuun, jossa pohjarakenteet salaojineen kallistetaan alueen keskiosaan päin viettäviksi. Keskiosaan rakennetaan täytön alle jäävä teräsbetoninen huoltotunneli, jossa sijaitsevaan kokoojaputkistoon salaojat yhdistetään. Kokoojaputkien avulla salaojavedet johdetaan täyttöalueen eteläpuolelle, josta ne edelleen siirretään käsittelyyn. Vastaavia rakenteita on rakennettu osina kaatopaikkojen kuivatusjärjestelmiä osissa Keski-Eurooppaa ainakin 80-luvulta alkaen.

Huoltotunnelin suunnittelun lähtöaineiston keräämiseksi selvitettiin aluksi olemassa olevat huoltotunnelikohteet maailmanlaajuisesti. Selvityksen mukaan valtaosa rakennetuista huoltotunnelikohteista sijaitsee Saksassa, jossa niitä on vähintään 9 kappaletta. Rakennettuja huoltotunnelikohteita todettiin olevan myös Alakomaissa ja Itävallassa. On myös saatu huhuja Koreassa sijaitsevasta huoltotunnelista - huhuja ei kuitenkaan pystytty vahvistamaan. Selvityksen mukaan todettuja huoltotunnelikohteita nyt rakennettu Ämmässuon huoltotunneli mukaan lukien on yhteensä 14 kappaletta. Huoltotunnelin rakentamista on yleensä pidetty perusteltuna, mikäli tulevan jätetäytön laajuus on suuri tai tulevien huoltokaivojen syvyys sellainen, että huoltotoimien tekeminen turvallisesti ei ole mahdollista. Ämmässuolla molemmat yllä esitetyt ehdot täyttyvät. Jätetäytön leveys on suurimmillaan noin 500 metriä ja täytön paksuus 70 metriä, jolloin ilman huoltotunnelia putkien huoltaminen kansallisten ohjeiden mukaisesti (SYKE 36) ei olisi mahdollista.

Ämmässuon huoltotunnelin poikkileikkauksen dimensiot määritettiin huonetila- ja rakennemitoituksen avulla. Muotoa valittaessa huomioitiin myös käytössä oleva muottitekniikka. Rakennemitoituksen lähtökohdaksi tehtiin maapainelaskelmia, joilla selvitettiin huoltotunnelin rakenteisiin kohdistuva maanpaine jätteen tilavuuspainon vaihdellessa välillä 12...15 kN/m³. Käytetty jätetäyttösyvyys perustuu ympäristöluvan asettamaan reunaehtoon tulevan jätetäytön korkeimman kohdan ja olemassa olevan louhintatason välisestä tasoerosta. Jätetäyttösyvyytenä laskelmissa käytettiin 70 metriä. Huoltotunnelin suunnittelussa käytetty mitoitusikä oli 200 vuotta.

Maanpainelaskentojen lisäksi tarkasteltiin siirtymärakenteiden tarvetta painumaerojen aiheuttaessa lisärasituksia suoto- ja tarkkailusalaajiin sekä geomembraaniin huoltotunnelin seinälinjalla.

Ämmässuon huoltotunnelin 1. rakennusvaiheen työt käynnistyivät kesäkuussa 2006. Huoltotunnelin 1. rakennusvaihe otettiin käyttöön laajennusalueen vihkiäisissä 30.10.2007. Huoltotunnelin ensimmäisen vaiheen pituus on 450 metriä. Huoltotunnelin kokonaispituus 1. vaihe mukaan lukien on suunnitelmissa 1460 metriä, joka tultaneen rakentamaan 3...4 vaiheessa. Vaiheiden lukumäärä ja pituus riippuvat Ämmässuolle kertyvän sekajätteen määrästä ja laadusta sekä mahdollisen jätteenpolttolaitoksen rakentamisesta.

LÄHDE- JA KIRJALLISUUSLUETTELO

Air-Ix Talotekniikka, 2007. Ämmässuon jätteenkäsittelylaitoksen laajennusalueen huoltotunneli, räjähdysuojasiasikirja, 2.1.2007.

Brandl, H. 2000. Stability and failure of landfills. In: Ph.D M. Mets. Baltic Geotechnics IX 2000. Proceedings of the Ninth Baltic Geotechnical Conference. Tallinn, Estonia, The Estonian, Latvian and Lithuanian Geotechnical Societies under the auspices of the ISSMGE.

Brunner, Wolfgang 2005. Remedial works using svv micro piles on the leachate collector at the waste disposal site Kahlenberg, Germany. Abstract.

Cossu R. & Lavagnolo M.C. 1999. Leachate drainage systems: an overview. In: S. Margherita di Pula. Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy, Environmental Sanitary Engineering Centre.

Den Ouden, J. & Backhuijs, F. 1999. Dutch guidelines for bottom isolation and site specific alternatives. In: S. Margherita di Pula. Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy, Environmental Sanitary Engineering Centre.

Ecosoil 2005. Für Sauberes Wasser Alles Geben, Deponie Schöneiche. PDF –esite, <http://www.ecosoil.de>

Englmeier H. 2003. Umweltgutachter, Reg. Nr. D-V-0221. Umwelterklärung Deponie Aussernzell 2003. Nurnberg 9.9.2003, Deutschland.

Ettala, M. & Rossi, E. 2002. Kaatopaikan pohjalla vallitsevat olosuhteet. Helsinki, Suomen ympäristökesksen moniste 243. 33s.

Finnmap Consulting, 2006. YTV, Ämmässuon jätteenkäsittelykeskus. Tekninen tunneli. Laskelmat. Laskentaraportti 29.3.2006.

Geomap, 2006. Ämmässuon huoltotunneli. Laskelmaselostus. 27.3.2006. Malmivaara, K.

Geusebroek H.I.L. & Luning L. 1993. Innovative landfill design in a former sand quarry. In: S. Margherita di Pula. Proceedings Sardinia 93, Fourth International Landfill Symposium. Cagliari, Italy, Environmental Sanitary Engineering Centre.

Hanski, A. & Huuhko, J. 2006. Ämmäsuon ja Kulmakorven alueen vesien yhteistarkkailu, vuosiyhteenveto vuodelta 2005, 24.3.2006. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy.

Helsingin Sanomat, 2007. Uusi jätevuori alkaa nousta Ämmäsuolle. 11.10.2007.

Hermkes, Hans 2005a. Vastaus sähköpostitiedusteluun, vastaus 18.4.2005

Hermkes, Hans 2005b. Vastaus sähköpostitiedusteluun, vastaus saatu 2.6.2005

Hermkes, Hans 2004a. Puhelinkeskustelu Hermkes – Forsman 7.6.2004

Hermkes, Hans 2004b. Vastaus huoltotunnelitiedusteluun 23.6.2004

Horiguchi T. & Takeshita Y. & Hoshiba N. 2004. Tunnel construction right below a controlled industrial waste landfill. In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 19, Issues 4-5, July-September 2004, Page 451

Krampen, Hermann 2004a. Environmental Protection, Safety and Economic Efficiency. Esite. Eiterköpfe Landfill Association.

Krampen, Hermann 2004b. Elan Im Vulkan, Der Bau Der Zentraldeponie Eiterköpfe. DVD. Eiterköpfe Landfill Association.

KWH-Pipe, 2007. Antistaattista putkea räjähdysherkkään tunneliin. Putkessa 3/2007. KWH-Pipen asiakaslehti.

Maurer, Christoph 2004. Sähköposti Maurer-Uusihakala 15.6.2004

Oweis, I.S. & Khera, R.P. 1990. Geotechnology of waistemangement. Butterworths.

Ramboll, 2005a. Kansainväliset kokemukset huoltotunneleista. Raportti 22.6.2005, Osa A. Laine-Juva, V. & Winqvist, F. & Forsman, J.

Ramboll, 2005b. Tutustumismatka kaatopaikkojen huoltotunnelikohteisiin Saksassa ja Hollannissa 12. – 17.9.2005. Matkaraportti 23.9.2005. Winqvist, F. & Forsman, J.

Ramboll, 2005c. Ämmässuo landfill – Espoo, Finland. Report. Calculations of pipe deformations and strength requirements leachate collection system. 1.3.2005. Mengelt, M. & Forsman, J.

Ramboll, 2006a. YTV, Ämmässuon laajennusalue, huoltotunneli. Huoltotunneliin kohdistuvien voimien laskelmat. Laskentaraportti 19.1.2006. Winqvist, F. & Forsman, J.

Ramboll, 2006b. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen nykyinen täyttöalue. Stabiliateettitarkastelu. Raportti 2: Siirtymätarkastelut elementtimallinnuksella (Plaxis). Raportti 26.10.2006 (päivitetty 5.12.2006).

Ramboll, 2007a. Huoltotunneli, Plaxislaskelmat 03/2007. Suoto- ja tarkkailusalojen siirtymärakenteet. Laskentaraportti 20.3.2007. Länsivaara, T. & Winqvist, F. & Forsman, J.

Ramboll, 2007b. Huoltotunneli, suoto- ja tarkkailusalojen siirtymärakenteet. Plaxis – laskelmien yhteenveto, tunnelin ympäristän jännitykset ja siirtymät sekä siirtymärakenteiden siirtymät. Raportti 30.7.2007. Aalto, A. & Winqvist, F. & Forsman, J. & Hult, S.

Ramboll, 2008a. Ämmässuon kaatopaikka laajenee ilman ympäristöriskejä. Näkökulma 1/2008, Ramboll Finlandin asiakaslehti.

Ramboll, 2008b. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen laajennusalue. Täyttösuunnitelma, bioreaktori S1. 28.3.2008. Sikiö, J. & Forsman, J.

Rinttilä, Jussi 2004. Sähköpostiviesti Rinttilä-Winqvist 17.12.2004

Sandwall A & Schlereth Ch. & Hofmann K. 2005. Abfallwirtschaftszentrum Wirmsthal. Kommunalunternehmen des Landkreises Bad Kissingen. (http://www.rhoen-saale.net/lis/App2/LKKissingen/aufgaben/umwelt/abfallwirtschaft/service/Info_AWZ_Wirmsthal.pdf)

Scherbeck R. & Kuehne M. & Klapperich H. 2001. How landfill systems are able to withstand mining and tunnelling activities – two case studies. In: S. Margherita si Pula. Proceedings Sardinia 2001, Eighth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy, Environmental Sanitary Engineering Centre.

SCC Viatek, 2004. YTV, Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskus, Tekninen tunneli. Tunneliin kohdisuvien voimien laskelmat. Laskentaraaportti. Pylkkänen, J & Forsman, J.

Simona, 2001. Catalogue landfill technology 12/2001. Simona AG.

Simona, 2004. Catalogue Pipes, Fittings and Valves 10/2004. Simona AG.

Stopat, J. 2005. Märkische Entsorgungsanlagen Betriebsgesellschaft mbH (MEAB). Kontrollstollen. Deponie Schöneiche. Powerpoint –esitelmä 13.9.2005.

Suomen ympäristökeskus 2002. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. Helsinki, Suomen ympäristökeskus, Ympäristöopas, Nro 36, 142 s.

Takala, J. & Hakala, V-A. & Valtonen, J. 2007. Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen laajennusosan suotovesiputken koestus. Teknillinen korkeakoulu. Tekniikan laboratorio. Pohjarakennus- ja maamekaniikan laboratorio. Rakennustekniikan koehalli. T185. Espoo 21.6.2007.

Tekniikka ja Talous, 2008. Uusi jätevoimala uhkaa jäädä liian pieneksi. 28.3.2008.

Törnqvist, J. 1994 ja 1995. Ämmäsuolla tehtyjen radiometristen mittausten tulkintoja. Mittaustulostus.

Uusihakala, M. 2008. ”Ämmäsuon kaatopaikka laajenee ilman ympäristöriskejä”. Ramboll Finland Oy:n asiakaslehti Näkökulma 1/2008.

VnP 861/97, 1997. Valtioneuvoston päätön N:o 861. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista. Annettu Helsingissä 4.9.1997.

VnP 1049/99, 1999. Valtioneuvoston päätön N:o 1049. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta. Annettu Helsingissä 18.11.1999.

ZAW, 2005. Information CD-ROM of the Administration Union for Waste-Management in Western Saxonia (ZAW)

YTV 2001. Matkaraportti, tutustumismatka Saksan, Itävallan ja Hollannin kaatopaikoille ja jätteenkäsittelylaitoksiin 2.4.2001 – 11.4.2001, Juha Kaila, Mauri Uusihakala ja Jukka Paavilainen. YTV Helsinki 2.7.2001, 24 s.

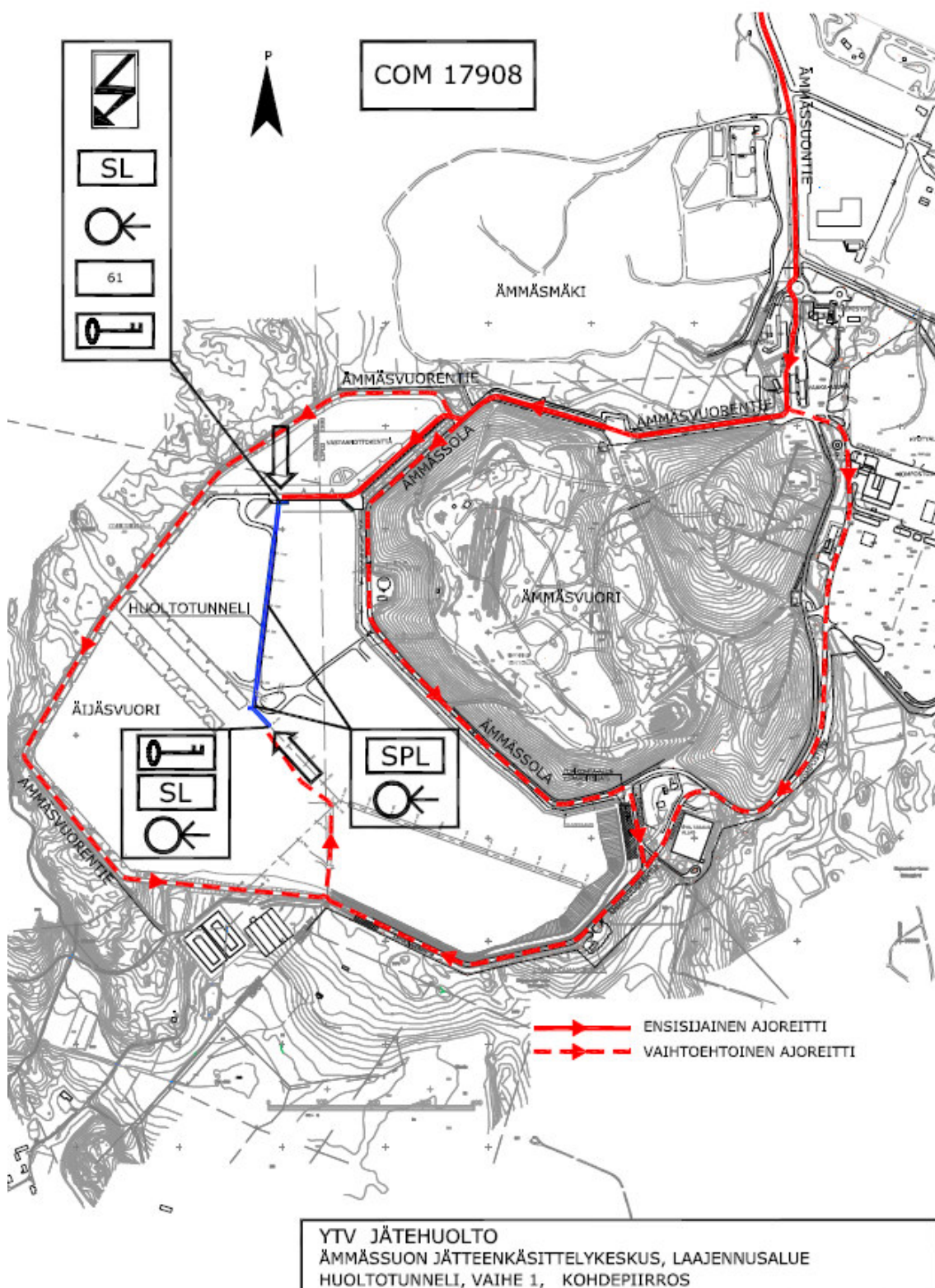
YTV, 2006. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Arvio Ämmässuon kaatopaikalle sijoitettava jätteen määrän kehityksestä. Arnold, M.

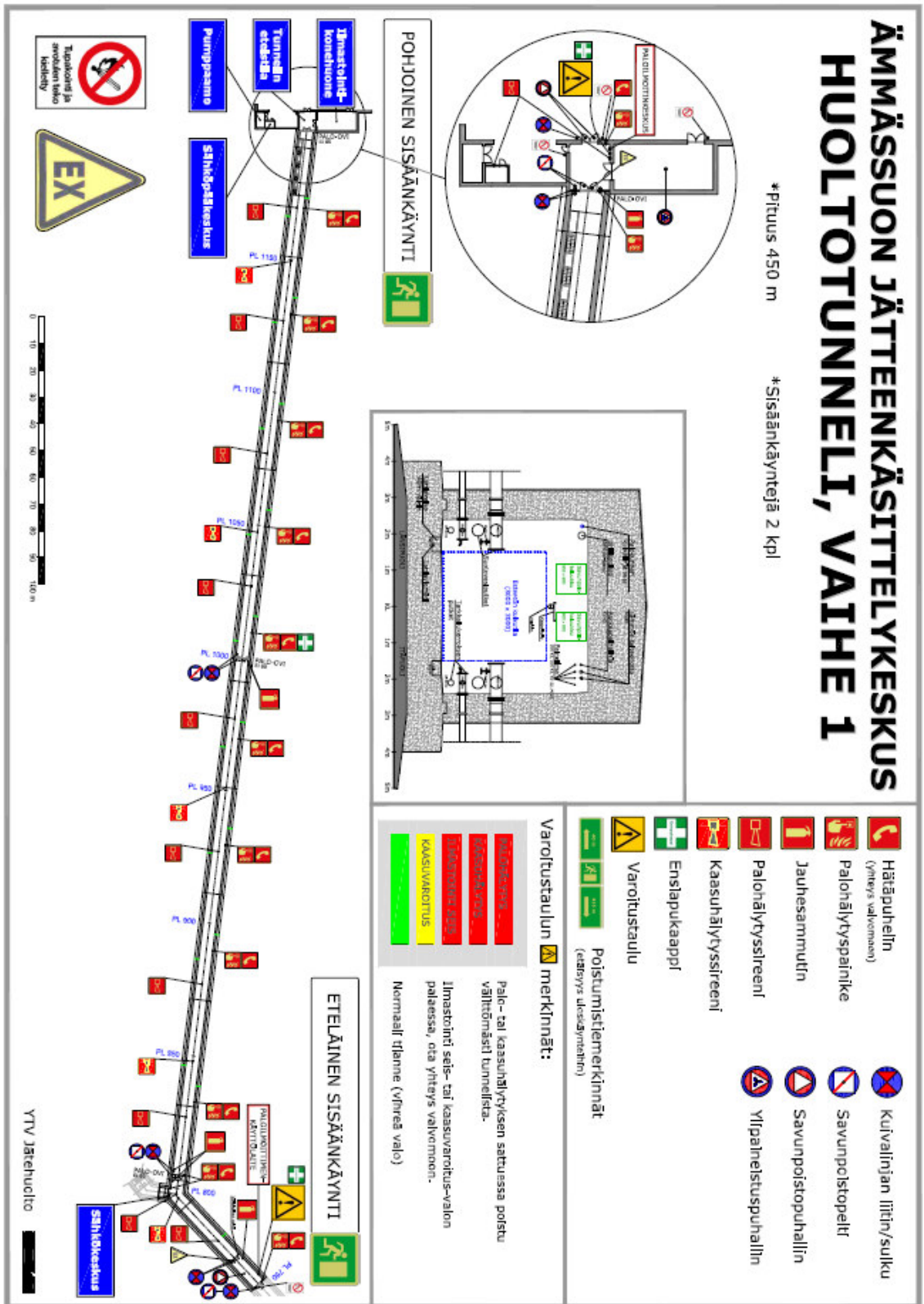
YTV, 2008. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. <http://www.ytv.fi>.

LIITTEET

- Liite 1.1 Huoltotunnelin 1. vaiheen kohdekartta
- Liite 1.2 Huoltotunnelin 1. vaiheen opastinkartta
- Liite 2 Ympäristöluvan huoltotunnelia koskevat määräykset
- Liite 3.1 Maanpainenaskelman parametrit, plaxis. Yleissuunnitelmavaihe.
- Liite 3.2 Maanpainenaskelman parametri, plaxis. Rakennussuunnitelmavaihe.
- Liite 3.3 Maanpainenaskelman parametrit, Sigma/W. Rakennussuunnitelmavaihe

Huoltotunneli, vaihe 1. Kohdepiirrustus.



Huoltotunneli, vaihe 1. Huoltotunnelin ohjekartta.

Ympäristöluvan UUS-2004-Y-133-121 huoltotunnelia koskevat määräykset

Seuraavassa on koottuna Ämmäsuon kaatopaikan laajennusalueelle 16.5.2005 päivätyssä ympäristölupapäätöksessä UUS-2004-Y-133-121 asetettut suorat tai välilliset määräykset koskien huoltotunnelia:

”Pohjatunnelin kohdalla alusrakenteen tiivistyskerroksen saa korvata vesieristeellä, kuten kaksinkertaisella kumibitumikermillä.” (määräys 1, s.38)

”Alusrakenteen tiivistyskerroksen päälle, lukuunottamatta pohjatunnelin kohtaa, on rakennettava vähintään 300 mm:n paksuinen tarkkailukerros karkeasta, hyvin vettä johtavasta materiaalista, jonka raekoko on 16-32 mm.” (määräys 2, s. 38) Tätä määräystä on korjattu myöhemmin 29.6.2005 annetussa täsmennyksessä siten, että raekoko on 4-63 mm.

”Pohjatunnelin ympärystäyttö on tehtävä tarkkailukerrosmateriaalista.” (määräys 2, s. 38)

”Tarkkailukerroksen ja vesieristeellä suojatun pohjatunnelin päälle on rakennettava vähintään 500 mm:n paksuinen mineraalinen tiivistyskerros materiaalista, jonka vedenläpäisevyyskerroin on $k < 6 \times 10^{-10}$ m/s. Tiivistyskerroksen päälle asetetaan keinotekoinen eriste esim. HDPE (paksuus $\geq 2,5$ mm) tai muu vastaavan suojaustason omaava keinotekoinen eriste. Keinotekoinen eriste on suojattava geotekstiilillä, jonka paino on vähintään 1200 g/m^2 .” (määräys 3, s. 38)

”Kaatopaikan pohjarakenteeseen kuuluvien vesienkeräysputkistojen kuntoa on pystyttävä tarkkailemaan ja niitä on pystyttävä tarvittaessa huoltamaan.” (määräys 6, s. 39)

”Pohjatunneli ja muut huoltotilat on rakennettava rakennusvalvontaviranomaisen antamien määräysten mukaisesti.” (määräyksessä 6, s.39)

”Puhtaat pintavedet saa johtaa maastoon. Likaiset pintavedet on käsiteltävä suotovesien tapaan noudattaen ympäristölupapäätöksen No YS 553/26.5.2003 määräyksiä A15 ja A16.” (määräys 7, s.38)

”Kaatopaikan laajennusalueen pohja- ja pintarakenteiden sekä alueen muiden eristysrakenteiden toteutussuunnitelmat mitoituksineen ja rakenteineen sekä käytettävine materiaaleineen on toimitettava mahdollisten jatkotoimenpiteiden harkintaa varten Uudenmaan ympäristökeskukselle ja tiedoksi Espoon kaupungin ja Kirkkonummen kunnan ympäristönsuojeluviranomaisille vähintään kuusi kuukautta ennen rakenteiden rakentamisen aloittamista.” (määräys 12, s. 41)

”Pohjan mineraaliset tiivistystyöt, tiivistysrakenteen lävistävien vesienkeräysputkistojen läpiviennit sekä pintarakenteen tiivistetyt on esitettävä Uudenmaan ympäristökeskuksen tarkastettaviksi jokaisessa kaatopaikan rakennusvaiheessa

erikseen.” (määräys 13, s. 41)

”Toteutuneet kaatopaikkarakenteet on dokumentoitava ja raportoitava rakennusvaiheittain ja rakennuskohteittain kolmen kuukauden kuluessa ko. kohteen valmistumisesta Uudenmaan ympäristökeskukselle sekä Espoon kaupungin ja Kirkkonummen kunnan ympäristönsuojeluviranomaisille.” (määräys 14, s. 41)

”Kaatopaikan laajennusalueen lopullinen lakikorkeus pintarakenteineen saa olla enintään +125 ja täyttöalueiden luiskakaltevuudet saavat olla jyrkimmillään 1:3,5.” (määräys 17, s. 42)

”Hälytys ja turvalaitteet on pidettävä toimintakunnossa ja testattava vähintään kerran vuodessa.” (määräys 20, s. 44)

”Kaatopaikkarakenteiden, viemäreiden ja tasausaltaiden sekä liikennealueiden kuntoa, kuten halkeilua ja painumista, on tarkkailtava säännöllisesti ja havaitut viat korjattava viipymättä.” (määräys 21, s. 44)

”Kaatopaikan laajennusalueen hoitoa, käyttöä ja tarkkailua varten on määrättävä näistä tehtävistä vastuussa oleva hoitaja ympäristölupapäätöksen No YS 553/26.5.2003 määräyksen A.8. mukaisesti. Vastaavan hoitajan/vastaavien hoitajien yhteystiedot on toimitettava myös Kirkkonummen kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.” (määräys 22, s. 44)

”Yhteistarkkailuohjelmaan on lisättävä kaatopaikan laajennusalueella jätetäyttöjen sisäisen vedenpinnan korkeuden ja lämpötilan mittaamista varten mittauspisteitä vähintään yksi kahta hehtaaria kohden.” (määräys 24, s. 24)

Maanpainelaskelmat, yleissuunnitelmavaihe

PLAXIS, PARAMETRIT

Kaikkien maalajien materiaalimalli on Mohr-Coulomb ja parametrit ovat seuraavan taulukon mukaiset:

	γ [kN/m ³]	ν [-]	E [kPa]	c [kPa]	ϕ [°]	Ψ
Jäte tasolle +22	10	0,33	4000	30,0	25	0
Penger	20	0,30	1,5E5	1,0	40	10
kumirouhe	6,5	0,25	1000	0,1	25	0
kallio	20	0,3	1,5E6	1,0	40	10
pintakerros	500	0,33	1000	1,0	0	0

pintakerros = metrin paksuinen kerros, jolla on laskelmissa kuvattu jätetäyttöä tasovälillä +22...+72.

Tunnelin materiaalimallina on kimmoinen eli Hooken lain mukainen materiaalimalli. Tunneli muodostuu palkeista (Plaxiksen beam-objekti) ja parametrit ovat:

EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m/m]	ν [-]
2,4E7	1,2E6	19,2	0,15

Tällainen beam-objekti vastaa 0,775 metrin paksuista betonipalkkia.

Maanpainenelaskelmat, rakennussuunnitelmavaihe

PLAXIS, PARAMETRIT

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4	5	6*
		pintakerros	jäte	kuivatuskerros/ ympärystäyttö	murske- bentoniitti	kallio	EPS
		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{sat}	[kN/m ³]	600,00**	12,00***	17,00	17,00	20,00	0,20
E_{ref}	[kN/m ²]	1000	4000	150E3	50E3	1500E3	3500
ν	[-]	0,330	0,330	0,300	0,300	0,200	0,100
G_{ref}	[kN/m ²]	375	1500	58000	19E3	625E3	1600
E_{oed}	[kN/m ²]	1481	5926	200E3	67E3	1650E3	3600
c_{ref}	[kN/m ²]	1,00	30,00	1,00	14,00	1,00	1,00
ϕ	[°]	0,00	25,00	45,00	38,00	40,00	1,00
ψ	[°]	0,00	0,00	10,00	10,00	10,00	0,00

* käytetään vain joustokerroksen ollessa mukana laskennassa

** käytetään arvoa 750 kN/m³ laskentatapauksissa, kun jätteen tilavuuspaino on 15 kN/m³*** käytetään myös arvoa 15 kN/m³

Ylimpänä kerroksena on metrin paksuinen kerros, jonka tilavuuspaino on 600 kN/m³. Tämä vastaa painoltaan laskentakoordinaatistossa välillä +32...+82 olevaa täyttöä kun otaksutaan jätteen tilavuuspainoksi 12 kN/m³ laskentatapauksien 1 ja 3 mukaisesti.

Vastaavasti laskentatapauksissa 2 ja 4 käytetään arvoa 750 kN/m³, kun otaksutaan jätteen tilavuuspainoksi 15 kN/m³. Alin kerros edustaa louhittua kalliota.

Huoltotunnelin materiaalimallina käytetään kimmoista eli Hooken lain mukaista materiaalimallia. Huoltotunneli mallinnetaan palkkielementeillä (Plaxiksen beam-objekti) ja parametrit vastaavat 0,8 metrin paksuista betonipalkkia (K30).

	EA	EI	w	v	Mp	Np
	[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
tunneli	2,4E7	1,2E6	19,20	0,15	1E15	1E15

Laskelmissa on käytetty huoltotunnelille suorakaiteen muotoista poikkileikkausta. Laskentamallissa dimensiottomat palkit on sijoitettu noudattamaan rakenteellista keskilinjaa siten, että huoltotunnelin harja tulkitaan jälkivaluksi.

Maanpainenelaskelmat, rakennussuunnitelmavaihe

SIGMA/W, PARAMETRIT

Tunneli, E-moduuli: $2,74 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^2$

Tunneli, jäyhyysmomentti: $0,768 \text{ m}^4$

Materiaali	Parametrin tyyppi	Tilavuus- paino	E- moduuli	Poissonin luku	Koheesio	Kitka- kulma
		[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]	[o]
Täyttömateriaali	tehokas	12/15	4000	0,33	30	25
Ympäristäyttö	tehokas	20	50000	0,3	10	38
Kallio	tehokas	26	1,5*10 ⁷	0,2	45	10
Tunnelin alustäyttö 1	tehokas	19	20000	0,3	10	38
Tunnelin alustäyttö 2	tehokas	19	100000	0,3	10	38